س13: اشرح مستعيناً بالرسم عمليات تصنيع الزجاجيات التالية:

أ- التشكيل بالنفخ، ب- التشكيل بالدرفلة.

س14: قارن بين التشكيل بالكبس للخزفيات وللزجاجيات.

الفصل الثامن
السلامة الصناعية
"Industrial Safety"

إن عمليات التصنيع المختلفة والتي تم التطرق لها في الفصول السابقة، تتم أو تنجز في مكان يسمى بالمصنع (Industry)او المعمل او المشغل (Workshop)، وداخل المصنع او المشغل يكثر وقوع الحوادث بمسببات كثيرة، والحوادث لها تأثيراً مباشراً على المصنع والمشغل نتيجة لمردوداتها السلبية. ونظراً لأهمية السلامة الصناعة في التقليل من هذه الحوادث، سواءً في المصنع او المعمل او المشغل او أي مكان عمل أخرى تجرى فيه عملية أو أكثر من عمليات التصنيع، فسيتم في هذا الفصل التطرق لهذا الموضوع باختصار، حيث أن احتمال وقوع حادث يجب أن لا يستبعد مهما صغر حجم مكان العمل، ومهما كانت الأدوات والمعدات والمكائن التصنيعية بسيطة. لذا فإنه من الواجب اتخاذ الخطوات الكفيلة لتفادي أو التقليل من احتمال وقوع الحادثة الصناعية. إن اتخاذ الاجراءات بعد حدوث حادثة ما، لا يعتبر أسلوباً علمياً سليماً، ومن الأجدر تفادي هذه الحادثة أصلاً وذلك قبل حدوثها، باتخاذ الاجراءات والأساليب الكفيلة بتحقيق ذلك وقديماً قيل أن الوقاية خير من العلاج، وهذا هو الغرض من السلامة الصناعية.

استناداً لما سبق فإن من واجبات السلامة الصناعية التقليل من احتمالات وقوع الحوادث والإصابات والوقاية منها ان لم نقل منعها من الحدوث في داخل مكان العمل. ولقد اهتمت

الحكومات والمؤسسات والتنظيمات النقابية المختلفة بموضوع السلامة الصناعية ، لحماية الانسان والآلة والمصنع وبالتالي حماية الاقتصاد الوطني. لذلك يتضح بأن السلامة الصناعية عبارة عن الحقل الذي يعني بتقديم التعليمات والإرشادات والتوجيهات عن أنسب الطرق والوسائل للتقليل من احتمال وقوع الحوادث. فهو علم حماية الانسان والمادة من خطر وقوع شيء لم يخطط له مسبقاً يسمى بالحادثة. والحادثة مهما كان نوعها فهي ذات آثار سلبية على النواحي الصحية والاجتماعية والاقتصادية.

1-8 استخدام المكائن والآلات والمعدات

(The use of machines, equipment and tools)

إن التدريب الجيد والإرشاد والتوجيه، حول استخدام المكائن والآلات والمعدات، بشكل آمن سليم، يضمن التقليل من خطر الحوادث الصناعية. ومن الضروري تزويد هذه المكائن والالات بموقف (Stopper) موضوع في مكان بارز، ومطلي بلون مميز، وذلك ليتسنى لمن يعمل على هذه المكائن والالات، أو أي شخص آخر قريب منها إيقافها في حالة الطوارىء. ومن الضروري ارتداء ملابس العمل الملائمة والتأكد من خلوها من الأطراف السائبة، وكذلك القفازات والأحذية المناسبة وغيرها، وحسبما تمليه طبيعة العملية التصنيعة. كما أن التثقيف في المجالات المتعلقة بالسلامة عن طريق محاضرات يلقيها اخصائيون، وإصدار ارشادات السلامة المبنية في الأساس على تعليمات التشغيل، التي تصدرها الجهات المنتجة لهذه المكائن

والآلات، ووضعها مع الرسوم التوضيحية في مواقع مناسبة ليتسنى ملاحظتها بسهولة.

2-8 إجراءات السلامة بالنسبة لعمليات السباكة

(Safety precautions in casting processes)

في عمليات السباكة يكون المعدن بدرجة حرارة عالية، في حالة الانصهار او عند التجمد أو حتى بعد التجمد بفترة، وفي جميع هذه الحالات بإمكان المعدن أن يسبب حروق جسيمة، ان لم تتخذ الاجراءات الوقائية والتي أهمها:

1- يجب ارتداء ملابس وأحذية مناسبة وواقية، حيث ان قطرات المعدن المصهور بإمكانها حرق واختراق الملابس الاعتيادية بسهولة.

2- عدم الوقوف اسفل البوادق (Crucibles) عند نقل المعدن المصهور، باستخدام الخطافات، في ارجاء المسبك.

3- يجب استخدام المعدات المناسبة لنقل البوادق من مكان لآخر وعند صب المعدن المصهور في قوالب السباكة.

4- يجب صب المعدن المصهور بعناية في قوالب السباكة ومنع خروج او تطاير قطرات من المعدن المصهور الى الخارج بسبب السرعة العالية لعملية الصب.

5- يجب ارتداء نظارات واقية عند اجراء عملية الصهر في الافران لأن التوهج والضوء الناجم عن صهر الكثير من المعادن قد يؤدي الى تلف العين .

6- الأبخرة المتصاعدة خلال عملية الصهر أو نقل المعدن المصهور أو الصب قد تكون سامة أو قابلة للانفجار، فيجب

اتخاذ الاجراءات الوقائية اللازمة لضمان سلامة العاملين.

7-: في عمليات السباكة بقوالب دائمية وخاصة تحت الضغط يجب التأكد من الانغلاق التام لأجزاء القالب، حيث ان وجود أي قشور معدنية بين هذه الاجزاء ، تمنع من انغلاقها التام، وبالتالي تؤدي الى انبثاق المعدن المصهور بسرعة عالية الى الخارج والى مسافة بعيدة عن الماكنة.

8- يجب وضع غطاء حماية مناسب لمنع خروج المعدن وتطايره من أعلى القالب خلال عمليات السباكة بالطرد المركزي.

3-8 اجراءات السلامة بالنسبة لعمليات التشكيل
(Safety Precautions in metal working processes)

معظم عمليات التشكيل كالحدادة والبثق والسحب وغيرها تتم بواسطة مطارق أو كابسات، لذلك من الضروري اتخاذ ما يلي:

1- وضع أسلاك واقية حول منطقة التقاء أجزاء القالب، لمنع وصول يد من يعمل على المطرق او الكابسة لهذه المنطقة الخطرة.

2- ربط أجزاء القالب بإحكام في المطرق او الكابسة، قبل المباشرة في العمل، والتأكد من عدم ارتخاء هذه الأجزاء بين فترة وأخرى.

3- عدم شغل من يعمل على المطرق او الكابسة، وصرف اهتمامه عن مراقبة ما يعمل بأمور جانبية، لأن أعمال التشكيل تحتاج الى انتباه عالي.

4- عند تنظيف اجزاء القالب، يجب ايقاف الماكنة وفصل مصدرالطاقة ان أمكن، ويفضل أن يتم التنظيف بواسطة الهواء المضغوط.

أما بالنسبة لعمليات الدرفلة ، فإن أهم اجراءات السلامة بالنسبة لهذه العمليات هي:

1- المنطقة الخطرة بين الدرافيل تقع بين كل درفيلين، فعليه يجب إحاطة هذه المنطقة بسياج، وان يسمح للمعدن فقط بالنفاذ، ويجب تزويد ماكنة الدرفلة بموقف الي، لإيقاف الماكنة عند حدوث أي شيء مخالف لذلك.

2- عند تنظيف الدرافيل يجب أن تكون أدوات التنظيف مزودة بمقابض ملساء بحيث تنزلق بسهولة من الأيدي عند اشتباكها في المنطقة الخطرة للدرافيل.

3- اذا كان هنالك ضرورة للبس القفازات فيجب ان تكون واسعة بحيث تسحب من الايدي بسهولة عندما تنحشر القفازات في المنطقة الخطرة.

4-8 اجراءات السلامة بالنسبة لعمليات التشغيل
(Safety precautions in machining processes)

من أهم المخاطر عند اجراء عمليات التشغيل المختلفة، التعرض الى الاصابات الجسمانية، وهذه الإصابات قد تكون بسبب الاتصال بالأجزاء المتحركة لماكنة التشغيل، او دخول الرايش المتطاير في العين ، أو سقوط المواد او المعدات على اصابع اليد او القدم.

ومن الممكن التقليل من خطر وقوع الحوادث عند ملاحظة

ما يلي :

1- يجب تزويد منضدة المثقب او المقشطة او غيرها من مكائن التشغيل بملزمة (Vise)او مثبتات لفرض مسك الشغلة (Workpiece) بإحكام خلال عملية التشغيل.

2- يجب ارتداء النظارات الواقية عند العمل لمنع دخول الرايش (Chips) او الأجزاء الأخرى المتطايرة في العين.

3- يجب عدم تزييت ماكنة التشغيل او القيام بأي تغيير في اجزائها أثناء عملية التشغيل ، وبالإمكان إجراء ذلك عند إيقاف الماكنة.

4- يجب استعمال مكائن التشغيل بصورة طبيعية ، حيث أن زيادة سرع القطع (Cutting speeds) او التغذية (Feed) لإنجاز العمل بوقت قصير، وبصورة لا تتلائم مع طبيعة صناعة هذه المكائن او مواصفاتها، فإن ذلك قد يؤدي الى عرقلة العمل، وخاصة اذا حدث كسر في عدة القطع (Cutting tool)، او أحد أجزاء الماكنة، وفي الكثير من الأحيان قد يؤدي ذلك الى إتلاف الشغلة (Workpiece) .

5- يجب إزالة الرايش المتكون خلال عملية التشغيل من منضدة الماكنة ومن الشغلة بواسطة فرش خاصة، أو باستعمال قطعة من القماش، ويجب عدم استخدام اليد المجردة لإنجاز ذلك.

6- يجب عدم ارتداء قفازات أو خواتم او أربطة عنق خلال عمليات التشغيل، كما يجب على النساءارتداء غطاء الرأس عند العمل.

5-8 اجراءات السلامة بالنسبة لعمليات اللحام

(Safety precautions in welding processes)

معظم عمليات اللحام المتداولة تتضمن عمليات تسخين وصهر وتسليط ضغط، لذلك فهنالك صور مختلفة من المخاطر، التي قد يتعرض لها من يعمل في هذا المجال ، وفيما يلي بعض الإجراءات الوقائية لتأمين السلامة عند تنفيذ عمليات اللحام:

1- يجب أن لا تجرى عمليات اللحام في الأماكن التي تخزن فيها مواد قابلة للاشتعال.

2- يجب ارتداء ملابس وأحذية واقية، لتفادي الاحتراق خلال عمليات اللحام بواسطة المعدن المصهور.

3- في اللحام الغازي يجب وضع الاسطوانات الغازية بعيداً عن الموقع الذي تجرى فيه عملية اللحام، ويجب أن تثبت هذه الاسطوانات بشكل رأسي بواسطة سلاسل او أحزمة على حامل خاص متنقل، ومن الضروري تزويد مكان العمل بحاملات للمشاعل، وعدم ترك المشاعل على الأرض أثناء العمل لاحتمال حدوث حرائق بسببها.

4- يجب ارتداء النظارات الواقية خلال العمل لأن عملية اللحام قد تسبب آلام شديدة للعين بعد انتهاء عملية اللحام وخاصة في المناطق المضاءة.

5- في اللحام الكهربائي يجب التأكد من أن كافة التوصيلات الكهربائية معزولة وتجنب مسك المعدات عندما تكون اليد غير جافة.

6- مسك المواد المطلوب وصلها بلحام الحدادة بماسكات خاصة.

6-8 إجراءات السلامة بالنسبة لتشكيل اللدائن
(Safety precautions in plastic forming processes)

تُشكل اللدائن عادة وهي حارة في مكائن تعمل بضغط عالي، لذلك فهنالك مخاطر كثيرة خلال عمليات تشكيل اللدائن، والتي بالإمكان تفاديها باتخاذ ما يلي:

1- يجب عدم لمس المكائن والمعدات خلال عمليات تشكيل اللدائن، لأنها تكون عادة بدرجات حرارية مرتفعة.

2- تكون المادة الأولية اللدائنية بدرجة حرارية مرتفعة وضغط عالي خلال التشكيل، لذلك يجب التأكد من انغلاق أجزاء القالب، وبعكسه ستنبثق المادة اللدائنية الحارة الى الخارج بسرعة عالية، وإذا ارتطمت بشخص قريب من ماكنة تشكيل اللدائن، فسوف تسبب حروق جسيمة، لذلك يجب ارتداء نظارات واقية والابتعاد عن مناطق انطباق أجزاء القالب.

3- تنطبق اجزاء القالب خلال عملية التشكيل بضغط مرتفع جداً، لذلك يجب أن تكون اليد بعيدة عن مناطق الانطباق.

7-8 نقل المواد (Materials transportations)

إن عملية النقل للمواد تتم إما بواسطة عربات يدوية أو عربات آلية أو بواسطة سيور متحركة أو سلاسل أو بواسطة رافعات خاصة أو غيرها من الوسائل، وبصورة عامة يجب مراعاة النقاط التالية عند نقل المواد:

1- يجب ان يكون تحميل البضائع على عربة النقل رأسياً.

2- يجب عدم تحميل أي وسيلة للنقل بأكثر من طاقتها أو

تشغيلها بسرعة أكبر من سرعتها المقررة من قبل المُنتج.

3- يجب إزالة العوائق من أمام وسيلة النقل، وتنظيف وصيانة مسارات النقل المختلفة

4- الإصلاح الفوري لكل عيب يلاحظ في وسائل النقل.

5- منع الاشخاص من الوقوف او المرور تحت احمال مرفوعة.

6- يجب عدم المسير خلف عربات النقل عند نقل البضائع لقمه بمسار منحدر.

7- في النقل اليدوي يجب مراعاة المقدرة الجسمانية للشخص القائم بتنفيذ عملية النقل.

8- يجب أن تكون هنالك مسافات ملائمة في مسارات النقل بين وسيلة النقل وبين المكائن المنصوبة أو البضائع المخزونة او الجدران المشيدة.

8-8 مكان العمل (Working place)

مكان العمل عبارة عن الموقع المخصص في المصنع أو المعمل او المشغل لإنجاز عمل ما، ومن مجموع أماكن العمل يتكون المعمل او المشغل.

1-8-8 تصميم المعمل او المشغل (Workshop design)

هنالك شروط معينة يجب الالتزام بها عند تصميم المعمل او المشغل وتقسيمه الى أماكن عمل أهمها :

1- يجب أن تكون المساحة المحيطة بكل ماكنة أو آلة كافية، لتحرك الشخص الذي يعمل عليها بدون عائق، وكذلك من أجل

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

صيانة هذه الماكنة أو الآلة.

2- يجب توفير ممرات كافية لمرور الأشخاص والمواد داخل المعمل او المشغل.

3- يجب أن يكون سقف المعمل او المشغل مرتفع بعض الشيء لتوفير المستلزمات الصحية كالتهوية والإضاءة.

4- يجب أن تكون الأرضية في المشغل مستوية وخشنة لمنع التعثر أو الانزلاق أثناء العمل او التنقل، كما يجب أن تكون رديئة التوصيل للكهرباء والصوت.

5- يجب استعمال مواد غير قابلة للاحتراق في بناء المعمل أو المشغل كالطابوق والخرسانة والهياكل الحديدية والألمنيوم وغيرها.

6- يجب طلاء جدران المعمل أو المشغل والمكائن والآلات والمعدات بأصباغ دهنية صقيلة لتسهيل عملية التنظيف، وكذلك ذات ألوان هادئة غير مهيجة للأعصاب.

7- توفير وسائل ومعدات لسحب الغازات والأبخرة المتولدة خلال بعض العمليات التصنيعية كالسباكة واللحام.

8- توفير خطوط هاتفية لتسهيل الاتصالات، وكذلك صناديق للإسعافات الأولية، ومن الضروري توفير قناني لإطفاء الحرائق وصفارات وأجراس الإنذار والتنبيه، بالإضافة الى أبواب وسلالم الخروج الاضطراري.

2-8-8 التهوية والإضاءة والضوضاء
(Ventilation, illumination and noises)

إن التهوية والإضاءة والضوضاء لها تاثير على نسبة

الحوادث في داخل المعمل او المشغل، حيث أن التهوية غير السليمة تسبب الكلل، والإضاءة الرديئة تسبب عدم وضوح الرؤيا ان كانت ضعيفة والتعب والارهاق ان كانت قوية متوهجة، والضوضاء تسبب عدم وضوح السمع. ومن اجل التقليل من وقوع الحوادث نتيجة لهذه العوامل من الضروري مراعاة ما يلي:

أ- التهوية (Ventialtion)

1- يجب أن لا تقل نسبة الأوكسجين في هواء المعمل او المشغل عن 21٪ ، ولا تزيد نسبة ثاني اوكسيد الكاربون عن 3٪ بأي حال من الأحوال، وان يغير هواء المعمل او المشغل ستة مرات في الساعة على الأقل، اما في حالة العمليات الصناعية التي يتكاثر خروج الغازات والأبخرة والدخان منها، فمن الواجب تغيير هواء أماكن العمل من 16-12 مرة في الساعة.

2- يجب ن تكون النسبة بين درجة حرارة الهواء ورطوبته وسرعته، وبين العمل المطلوب اداؤه مناسبة، وهنالك جداول خاصة بهذه النسب، والتي تغير حسب طبيعة العمل، فمثلاً عندما تكون الرطوبة النسبية 50٪ وسرعة الهواء 0.2م/ثا تكون درجة الحرارة الملائمة 20° م بالنسبة للأعمال المرهقة والشاقة، وكقاعدة عامة يجب تجنب التغيرات المفاجئة والملحوظة في درجة حرارة الهواء وسرعته.

ب- الإضاءة (Illumination)

1- يجب أن تكون الإضاءة في مكان العمل ملائمة وغير متوهجة. وقوة الإضاءة الملائمة تختلف باختلاف طبيعة العمل

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

الذي يزاول، فاستخدام عدد القياس يحتاج الى اضاءة اقوى مثلاً من الاضاءة في تشغيل المعادن باستخدام المنشار الآلي او اليدوي.

2- يجب عدم الاعتماد على الاضاءة الطبيعية في مختلف أرجاء المعمل او المشغل اعتماداً كلياً، لأنها تخضع لعدة عوامل طبيعية، كتغير شدتها بحكم تغير الطقس او الفصول، فعليه يجب الاستعانة بالاضاءة الصناعية واستخدام مصابيح (أنابيب) الفلورسنت تعتبر أحسن وأنسب وسيلة لهذا الغرض.

3- يجب تنظيف النوافذ والسقوف والجدران والمصابيح بصورة منتظمة ليتسنى الحصول بشكل مستمر على الاضاءة الملائمة ضمن الحدود المخطط لها.

جـ- الضوضاء (Noises)

1- يجب استخدام مواد في أرضية المعمل او المشغل وفي الجدران عازلة للصوت.

2- يجب استخدام المكائن والآلات والمعدات القليلة الضوضاء، قدر الإمكان، والكثير من هذه الأجهزة متوفرة في الأسواق .

3- يجب استخدام واقيات الأذن، اذا لم تكن التدابير الفنية المتخذة، كافية للتخلص من الضوضاء.

لقد تم التطرق في هذا الفصل الى النقاط العامة والتي يجب اتباعها من اجل ضمان السلامة وتجنب وقوع الحوادث في المعمل او المشغل، وهذا هو واجب علم السلامة الصناعة وهو واجب إنساني قبل كل شيء.

أسئلة

س1: ما المقصود بالسلامة الصناعية ؟ وما علاقتها بالاقتصاد الوطني؟

س2: ما هي علاقة التعبير (الوقاية خير من العلاج) والسلامة الصناعية ؟

س3: كيف يتم استخدام المكائن والآلات والمعدات في المعمل او المشغل لضمان السلامة؟

س4: ما هي أهم الإجراءات العامة والتي من الواجب تنفيذها في المصنع او المشغل لضمان سلامة الاشخاص العاملين؟

س5: ما هي اجراءات السلامة بالنسبة للعمليات التصنيعية التالية :

أ- عمليات السباكة .

ب- عمليات التشكيل.

جـ- عمليات التشغيل.

د- عمليات اللحام.

هـ- عمليات تشكيل اللدائن.

س6: ما هي الشروط التي من الواجب الالتزام بها عند تصميم المعمل او المشغل وتقسيمه الى اماكن عمل لتأمين السلامة الصناعية ؟

س7: ما هي اهم النقاط التي من الواجب مراعاتها عند نقل المواد من اجل التقليل من الحوادث الصناعية؟

س8: اذكر تأثير التهوية، الاضاءة والضوضاء على الحوادث في المعمل او المشغل.

الكتاب لتعميق واغناء المعرفة لمن يرغب في بعض المواضيع والتي تطرق اليها الكتاب.

املين ان تنال هذه المساهمة المتواضعة رضى الزملاء والقراء العرب.

والله ولي التوفيق

اربد 1995 الدكتور عادل محمود حسن

الفصل الاول
المواد الهندسية وخواصها
"Engineering materials and their properties"

1-1 المواد الهندسية (Engineering materials)

ان المواد المستخدمة حالياً في الاعمال الهندسية، متعددة ومختلفة في الكثير من خواصها، بالاضافة الى ان البحوث العلمية المستمرة، قد توصلت الى الكثير من المواد الجديدة، بمواصفات خاصة ولاستعمالات محددة. كما ان هذه البحوث ستتوصل الى مواد اخرى في المستقبل، تضاف الى المواد المستخدمة حالياً، وبالرغم من ذلك فبالامكان تقسيم المواد الهندسية، بصورة عامة، على النحو التالي:

1-1-1 مواد معدنية (Matallic)

أ- مواد حديدية (Ferrous materials) كالصلب (الفولاذ) (steel)، حديد الصب (الزهر) (cast iron) وغيرها.

ب- مواد غير حديدية (Nonferrous materials) كالالمنيوم وسبائكه (Aluminum & its alloys) والنحاس وسبائكه (Copper & its alloys) والرصاص وسبائكه (Lead & its alloys) والمغنسيوم وسبائكه (Magnesium & its alloys) وغيرها.

2-1-1 مواد غير معدنية (Nonmetallic materials)

أ- مواد عضوية (Orgamic materials) كالاخشاب (Woods) واللدائن (Plastics) وغيرها.

ب- مواد غير عضوية (Inorgamic materials) كالخزفيات (Ceramics) والزجاجيات (Glasses) وغيرها.

بالإضافة لما سبق، فهنالك مواد أخرى يطلق عليها المواد المركبة او المواد المُخلقة (Composite materials) ، وهذه المواد مصنعة من أكثر من مادة واحدة من المواد المذكورة أعلاه. وبصورة عامة من النادر أن تتواجد المواد الهندسية في الطبيعة، بصورتها التي تستعمل بها في تصنيع اجزاء المنتجات الهندسية المختلفة. حيث ان الكثير من الجهد والمال يجب ان يصرف، قبل ان تكون هذه المواد مهيئة للاستخدام الهندسي. فالاسلوب المتبع لتحويل خام الحديد (Iron ore) مثلاً الى فولاذ (Steel) او حديد الصب (Cast iron) يتضمن العديد من العمليات. من هذه العمليات استخراج الخام من المناجم (Mining)، وتكسيره (Crushing) الى احجام مناسبة، وتركيزه (Concentrating) لزيادة نسبة الحديد فيه. بعدها يشحن (Charge) هذا الخام مع فحم الكوك (Coke) ومواد مساعدة (Fluxes) اخرى في فرن يسمى بالفرن العالي (Blast furnace)، لانتاج حديد الغفل (Pig iron). وهذا النوع من الحديد المنتج يحتوي على نسبة عالية من الشوائب، حيث تتم تنقيته باستخدام محولات او افران خاصة اخرى، وذلك لتقليل الشوائب وزيادة نسبة الحديد، لنحصل اخيراً على الفولاذ او حديد الصب. وهنالك الكثير من العمليات التي تجري لاستخلاص الالمنيوم من

خاماته، منها تكسير هذه الخامات وتركيزها بالاضافة لعمليات أخرى كالاكسدة والتحليل الكهربائي. وخلال العمليات هذه، يتم الحصول على الكثير من المنتجات الجانبية (By-products) ذات الاهمية الصناعية. وكمثال على ذلك الخبث (slag)الذي يتم الحصول عليه كمنتج جانبي من منتجات الفرن العالي، ويستخدم الخبث في رصف الطرق وفي انتاج صوف الخبث. امثلة اخرى لبعض المنتجات الجانبية هي حامض الكبريتيك والذي يتم الحصول عليه عند انتاج الخارصين، واليود والذي يتم الحصول عليه في عملية انتاج المغنسيوم من ماء البحر. لذلك فان كلفة المواد المهيئة للاستخدام الهندسي، يعتمد على سهولة الحصول عليها من مصادرها الاولية وعلى درجة تركيزها في هذه المصادر، والعمليات اللازمة للحصول عليها بالمواصفات المطلوبة، وبالتالي على المنتجات الجانبية الناتجة خلال هذه الفعاليات.

2-1 خواص المواد الهندسية
(Properties of engineering materials)

ان الاهتمام الرئيسي للمهندس عند اختياره لمادة هندسية تستخدم في اداء وظيفة هندسية معينة، يتركز في ايجاد توافق بين صفات هذه المادة ومتطلبات الوظيفة الهندسية. استناداً لذلك يجب على المهندس الالمام بالصفات الكيمياوية والفيزياوية والميكانيكية، للمواد الهندسية المتداولة، ليتسنى له المفاضلة بينها من اجل اختيار المادة الهندسية الملائمة والمناسبة. والخواص الكيماوية (Chemical properties)، لها اهمية خاصة لمعرفة تصرف هذه المواد،

تحت تاثير الظروف المحيطة، كمقاومتها للتآكل (Corrosion resistance)، وقابليتها للاشتعال (Flammability) وغيرها. بينما الخواص الفيزيائية (Physical properties)، تتيح المجال للمقارنة بين المواد، من حيث لونها (Colour)، وكثافتها (Density)، ودرجة حرارة انصهارها (Melting temperature)، وقابليتها للتوصيل الحراري والكهربائي (Thermal & electrical conductivity). ويوضح جدول (1-1) بعض الخواص الفزيائية لاهم المواد الهندسية.

«جدول (1-1)»

المادة (Material)	الكثافة (Density) (kg/m^3)	درجة الانصهار (Melting point) (^0C)	الحرارة النسبية (Specific heat) (J / kg K)	التوصيلة الحرارية (Thermal conductivity) (W / mK)
حديد (Iron)	7860	1537	460	74
فولاذ (Steel)	9130-6920	1532-1371	502-448	52-15
المنيوم (Aluminum)	2700	660	900	222
سبائك الالمنيوم (Aluminum alloys)	2820-2630	654-476	920-880	239-121
نحاس (Copper)	8970	1082	385	393
سبائك النحاس (Copper alloys)	8940-7470	1260-885	435-377	234-29
رصاص	11350	327	130	35
سبائك الرصاص (Lead alloys)	11350-8850	326-182	188-126	46-24
مغنسيوم (Magnesium)	1745	650	1025	154
سبائك المغنسيوم (Magnesium alloys)	1780-1770	621-610	1046	138-75
اللدائن (Plastics)	2000-900	330-110	2000-1000	0.4-0.1
الخشب (Wood)	700-400	—	2800-2400	0.4-0.1
الخزف (Ceramics)	5500-2300	—	950-750	17-10
الزجاج (Glasses)	2700-2400	1540-580	850-500	1.7-0.6

اما بالنسبة للخواص الميكانيكية (Mechanical properties) فهي مهمة جداً بالنسبة للمهندس، فعن طريق هذه الخواص يستطيع المهندس ان يحدد تصرف المواد عند تعرضها لمختلف انواع التحميل (Loading)، وبذلك يستطيع ان يحدد المادة المناسبة لتحميل معين. ومن اهم هذه الخواص، المقاومة (Strength)، المتانة (Toughness)، المطيلية (Ductility)، القصافة (Brittleness) وغيرها.

بالاضافة لما سبق فهنالك خواص أخرى للمواد الهندسية تسمى بخواص التصنيع (Manufacturing properties)، حيث تحدد هذه الخواص تقبل هذه المواد لبعض العمليات التصنيعية كتقبل اللحام (Weldability) وتقبل التشغيل (Machinability) وتقبل السباكة (Castability) وغيرها.

3-1 الاختبارات الميكانيكية (Mechanical tests)

تُحدد الخواص الميكانيكية للمواد عن طريق اجراء بعض الاختبارات حيث يتم بواسطتها معرفة الاسلوب الذي تتصرف به المادة عند تعرضها لاحمال (Loads) مختلفة. ولا يخفى بان نتائج هذه الاختبارات تعتبر نتائج قياسية بالنسبة للظروف والعوامل التي تم بها اجراء هذه الاختبارات، وعلى المهندس ان يأخذ هذا بنظر الاعتبار، وذلك لانه من النادر ان تتطابق الظروف والعوامل التي تم بها اجراء الاختبارات مع مثيلاتها في الحياة العملية. وسنتطرق فيما يلي لاهم هذه الاختبارات الميكانيكية:

1-3-1 اختبار الشد (Tensile test)

عند تعرض مادة ما للسحب بتأثير حمل خارجي فان طولها او ارتفاعها يزداد، اما عند تعرضها للانضغاط بتأثير حمل خارجي ايضاً فان طولها او ارتفاعها ينقص. هذا التشوه (Deformation) الحاصل (الزيادة او النقصان في طولها او ارتفاعها تحت تأثير حمل خارجي)، يسمى بالاجهاد (Strain). بنفس الوقت فان هذا الحمل الخارجي يولد جهد (Stress) او جهود في المادة لمقاومة تأثيرات هذا الحمل الخارجي. لذلك فان الاجهاد عبارة عن التغير النسبي الذي يحصل في شكل او ابعاد المادة نتيجة للحمل المسلط عليها، ويمكن تحديده كما يلي:

$$\text{الاجهاد} = \frac{\text{الزيادة او النقصان في الطول او الارتفاع (م)}}{\text{الطول او الارتفاع الاصلي (م)}}$$

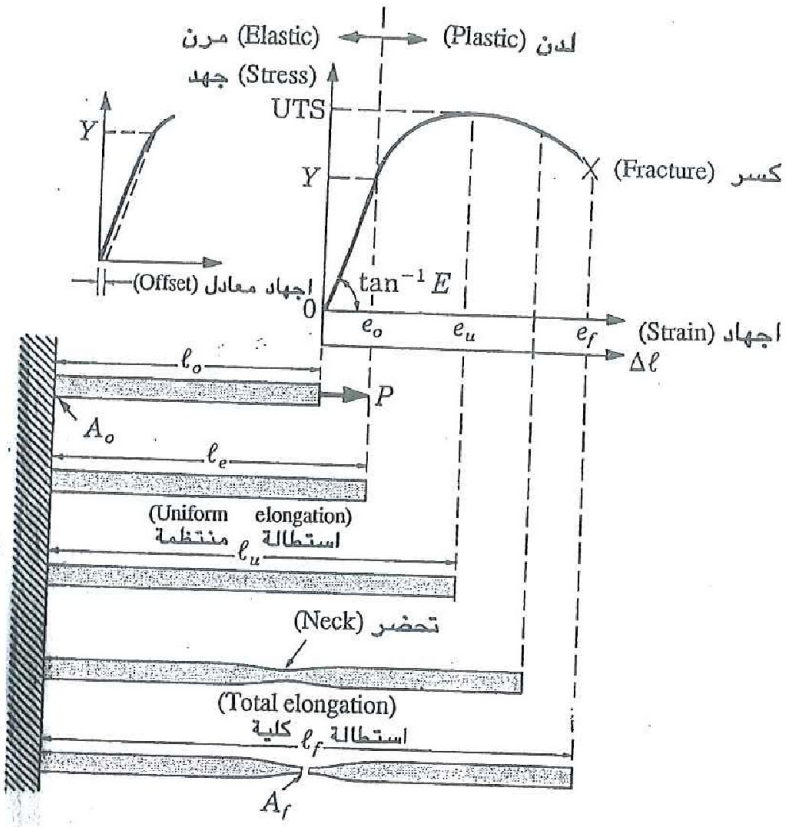
اما بالنسبة للجهد فيحدد كما يلي:

$$\text{الجهد} = \frac{\text{الحمل المسلط (نيوتن)}}{\text{مساحة المقطع (م}^2\text{)}}$$

ويعتبر اختبار الشد من اكثر الاختبارات الميكانيكية شيوعاً، وذلك لسهولة اجراء هذا الاختبار ولاهمية الخواص المستنبطة منه، حيث تستخدم عينة قياسية (Standard specimen) يتم سحبها او شدها بواسطة ماكنة، تسمى بماكنه اختبار الشد (Tensile testing machine).

ويرمز الى طول العينة الاصلي بالحرف (l_0)، ولمساحة مقطع العينة الاصلي بالحرف (A_0)، وعادة ما تستخدم عينات ذات مقطع دائري، ولكن في بعض الاحيان تستخدم عينات ذات

مقطع مستطيل الشكل. ان الطول الاصلي (Original length) للعينة القياسية يساوي (50) ملم، ويؤخذ هذا الطول مساوياً لعشرة امثال القطر للعينات العادية، وخمسة امثاله للعينات القصيرة عادة. كما ان الشكل (1-1) يمثل نتائج نموذجية لاختبار الشد. فالجهد (δ) عبارة عن النسبة بين الحمل المسلط (P) ومساحة مقطع العينة الاصلي، $\sigma = \frac{P}{A_0}$. اما الاجهاد (e) فعبارة عن النسبة بين التغير في طول العينة (ΔL) والطول الاصلي (l_0)، $e = \frac{\Delta L}{l_0}$. يطلق على الجهد (Stress) استناداً لما جاء اعلاه، بالجهد الهندسي (Engineering stress)، والاجهاد (Strain) بالاجهاد الهندسي (Engineering strain).



شكل (1-1) نتائج نموذجية لاختبار الشد، لاحظ مراحل الاستطالة للعينة بالنسبة لمنحنى الجهد – الاجهاد الهندسي

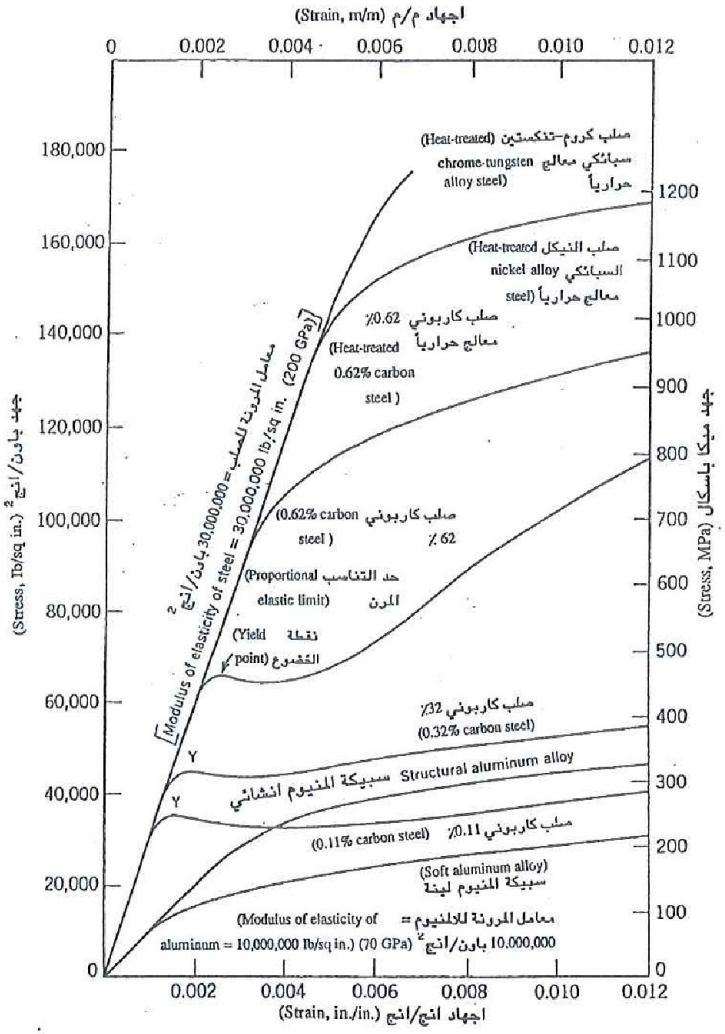
في بداية اختبار الشد تتناسب الزيادة في الطول طردياً مع الحمل لغاية نقطة على المنحنى تسمى بحد التناسب (Proportional limit) والمجال من نقطة الاختبار لغاية هذه النقطة يوضح تصرف المادة المرن الخطي (Linear elastic behaviour). وتستمر العينة بالاستطالة المرنة بعد حد التناسب (وقد لا تكون هذه الاستطالة خطية) لغاية نقطة الخضوع (Yield point)، واذا تم ازالة التحميل قبل تجاوز نقطة الخضوع (Y)، فان العينة تعود الى طولها الاصلي. ضمن هذا المجال يمكن تعريف معامل المرونة (Modulus of elasticity) او معامل يونك (Young's modulus) بالشكل التالي:

$$\text{معامل المرونة (E)} = \frac{\text{الجهد (6)}}{\text{الاجهاد (e)}} \quad \text{نيوتن / م}^2$$

كما ان العلاقة بين الجهد والاجهاد تخضع لقانون هوك (Hooke's law) والذي ينص على التناسب الطردي بين الجهد والاجهاد.

وبزيادة التحميل تبدأ العينة بالخضوع، وذلك يعني بداية حصول التشوه اللدن (الدائمي) [Plastic(permanent) deformation]، وتزول العلاقة الخطية بين الجهد والاجهاد. وعادة ما يكون معدل التغير في ميل منحنى الجهد والاجهاد، بعد نقطة الخضوع، صغيراً في معظم المواد، شكل (2-1) لذلك من الصعب تحديد قيمة نقطة الخضوع (Y). عندها نلجئ، لتحديد هذه النقطة الى استعمال ما يسمى بالاجهاد المعادل (Offset) او الاجهاد المبرهن (Proof strain) والذي يتم تحديده باستخدام اجهاد يبلغ 0.2 % او 0.002، شكل (1-1)، وبالامكان استخدام قيم اخرى للاجهاد المعادل

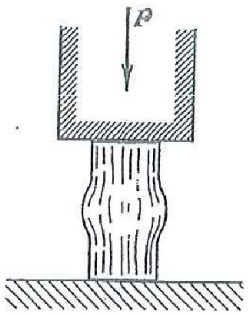
وفي هذه الحالات من الضروري ذكر مقدار الاجهاد المستخدم.



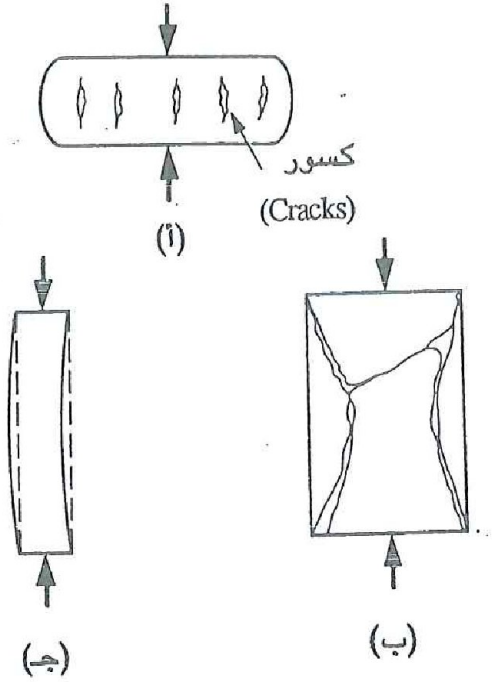
شكل (1-2) منحيات الجهد والاجهاد لمواد مختلفة، لاحظ ان نقطة الخضوع (Y) بالامكان تحديدها بسهولة في بعضها، وصعوبة تحديدها في البعض الآخر، لذلك نستخدم طريقة الاجهاد المعادل، شكل (1-1).

جدول (1-2)

المادة (Material)	جهد الخضوع (Yield stress) (M Pa)	مقاومة الشد القصوى (UTS) (M Pa)	النسبة المئوية للاستطالة (%) (Elongation)
الالمنيوم (Aluminum)	35	90	45
سبائك الالمنيوم (Aluminum alloys)	550-35	600-90	45-4
النحاس (Copper)	70	220	45
سبائك النحاس (Copper alloys)	1100-76	1310-140	65-3
الحديد (Iron)	200-40	285-185	60-3
الفولاذ (Steels)	1725-205	1750-415	65-2
الرصاص (Lead)	14-7	17	50
سبائك الرصاص(Lead alloys)	14	55-20	50-9
المغنسيوم (Magnesium)	105-90	195-160	15-3
سبائك المغنسيوم (Magnesium alloys)	305-130	380-240	21-5
الخزف (Ceramics)	—	2600-140	0
الزجاج (Glass)	—	140	0
الياف الزجاج (Glass fibers)	—	2500-2100	0
اللدائن (Plastics)	—	170-7	1000-0
اللدائن المسلحة (Reinforced plastics)	—	520-20	10-0



شكل (1-3) عينة اسطوانية خلال عملية الانضغاط بين سطحين مستويين .



شكل (1-4) أ- تشققات على سطح مادة مطيلية في الانضغاط.

ب- تحطم مادة قصفة في الانضغاط.

جـ- انثناء مادة مطيلية تحت تأثير حمل الانضغاط.

تستمر العينة بالاستطالة باستمرار التحميل مع نقصان مساحة مقطعها بانتظام، ليصل الحمل، وبالتالي الجهد الهندسي، قيمة قصوى، ثم يبدأ بالانخفاض، شكل (1-1) و (1-2)، والقيمة القصوى التي يصلها الجهد، تسمى بمقاومة الشد (Tensile strength)، او مقاومة الشد القصوى (UTS) (Ultimate tensile strength) للمادة.

تبدأ العينة بالتخصر (Necking)، بعد مقاومة الشد القصوى (UTS) باستمرار التحميل، وتصبح استطالة العينة غير منتظمة، وباستمرار الاختبار، يستمر انخفاض الجهد الهندسي وبالتالي تنكسر (Fracture) العينة في منطقة التخصر، ويسمى الجهد عندها بجهد الكسر (Fracture stress).

المطيلية (Ductility)

مقاومة الشد القصوى (UTS) عبارة عن قياس للمقاومة الكلية للمادة، بينما الاجهاد عند الكسر عبارة عن مؤشر لمطيلية المادة، والتي ترمز لاقصى اجهاد تتحمله المادة قبل ان تنكسر. فالمطيلية تقاس اما بواسطة النسبة المئوية للاستطالة (Elongation)،

$$\text{النسبة المئوية للاستطالة} = \frac{\Delta L}{l_0} \times 100$$

حيث ان:

Δl = التغير في طول العينة، نتيجة للاختبار (م)

l_0 = الطول الاصلي للعنية (م)

او بواسطة النسبة المئوية للنقصان في مساحة المقطع (Reduction of area)،

$$\text{النسبة المئوية للنقصان في مساحة المقطع} = \frac{\Delta A}{A_0} \times 100$$

حيث ان :

ΔA= التغير في مساحة مقطع العينة نتيجة للاختبار ($م^2$)

$A0$= مساحة المقطع الاصلي للعينة ($م^2$)

اما القصافة (Brittleness) فتعنى الافتقار للمطيليه، لذلك فان المادة القصفه (Brittle material) لا تتمتع او تتمتع بمقدار ضئيل من المطيلية، مثل الزجاج (Glass) وحديد الصب الابيض (White cast iron) والطباشير (Chalk). والجدول (1-2) يمثل بعض الخواص الميكانيكية المستنبطة من اختبار الشد لبعض المواد الهندسية.

2-3-1 اختبار الانضغاط (Compression test)

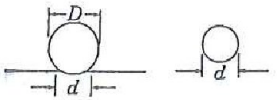
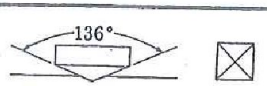
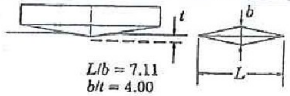
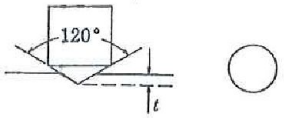
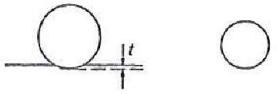
تتعرض المادة خلال الكثير من عمليات التشكيل (Forming processes) الى تحميل انضغاطي(Compressive loading)، كما في عمليات الحدادة (Forging) والدرفله(Rolling) والبثق (Extrusion). ان اختبار الانضغاط المبين في شكل (1-3)، يعطي معلومات مفيدة عند اجراء مثل هذه العمليات التصنيعية، وخاصة فيما يتعلق بالجهود المطلوبة وتصرف المادة تحت هذه الجهود الانضغاطية.

وبالامكان اعتبار اختبار الانضغاط معاكساً لاختبار الشد بالنسبة لاتجاه تأثير الحمل، حيث يتم ضغط عينة اسطوانية الشكل بين سطحين مستويين في ماكنة الاختبار، شكل (1-3)، ويعرقل الاحتكاك السطح العلوي والسفلي للعينة من التحرك بحرية. ان ذلك يؤدي لاتخاذ العينة شكلاً مشابهاً للبرميل (Barrel)، بشرط عدم حدوث انثناء (Buckling) فيها خلال عملية الاختبار، شكل (1-4).

وبالامكان استخدام اختبار الانضغاط للتحقق من مقدار المطيلية في المواد، وذلك بملاحظة التشققات الحاصلة على سطح العينة البرملي الشكل بالنسبة للمواد المطيلية، بينما تنكسر او تتحطم بعض المواد القصيفية، خلال اختبار الانضغاط، كما مبين ذلك في الشكل (1-4 أ) والشكل (1-4 ب) على التوالي ، بينما يوضح الشكل (1-4 جـ)الانثناء(Buckling) في مادة مطيلية تحت تأثير حمل الانضغاط وذلك بسبب الطول او الارتفاع غير المناسب.

1-3-3 اختبار الصلادة (Hardness tests)

بالامكان تعريف الصلادة بانها مقاومة المادة للتغلغل الدائمي (permanent indentation)، وفي بعض الاحيان تعرف بانها مقاومة المادة للخدش (scraching) او للبليان (wear). ولقد تم تطوير العديد من الطرق لاجراء اختبار الصلادة، وذلك باستخدام مواد واشكال مختلفة للجزء المطلوب تغلغله (Indenter) في داخل العينة التي يجري فحصها. وتعتبر مقاومة مادة العينة لتغلغل هذا الجزء مقياساً لصلادتها، وتعتمد هذه المقاومة لمادة العينة على شكل الجزء المتغلغل وعلى الحمل المسلط، و اهم اختبارات الصلادة القياسية مبينة في الشكل (1-5).

الاختبار (Test)	الجزء المتغلغل (Indenter)	الحمل (Load)	شكل التغلغل (Shape of indentation) المسقط العلوي (Top view) المسقط الجانبي (Side view)
برنيل (Brinell)	كرة بقطر (10) ملم من الفولاذ او من كاربيد التنكستين (Tungsten carbide)	500 كغم 1500 كغم 3000 كغم	
فيكرز (Vickers)	هرم ماسي (Diamond pyramid)	120-1 كغم (1-120 kg)	
نوب (Knoop)	هرم ماسي (Diamond pyramid)	25 غم-5 كغم (25g-5kg)	
روكويل (Rockwell) A	مخروط ماسي (Diamond cone)	60 كغم (kg)	
C		150	
D		100	
B	كرة بقطر (1.588) ملم من الفولاذ	100	
F		60	
G		150	

شكل (1-5) موصفات عامة لاهم اختبارات الصلادة.

1-3-3-1 اختبار برنيل (Brinell test)

تستعمل في هذا الاختبار كرة بقطر (10) ملم وتضغط على سطح العينة تحت تأثير حمل (P) بمقدار (500)، (1500)، (3000) كغم.

$$\text{رقم برنيل للصلادة} = HB = \frac{2P}{\pi D(D - \sqrt{D^2 - d^2})}$$

حيث ان (HB) هو رقم برينل للصلادة، (D) يمثل قطر الكرة و(d) يمثل قطر الاثر (الذي تركه الجزء المتغلغل على سطح العينة) مقاسه بالمليمتر. ويتناقص قطر الاثر بزيادة صلادة العينات، لذلك تتغير الاحمال حسب صلادة مادة العينة لزيادة قطر الاثر ولزيادة دقة قياسه.

1-3-3-2 اختبار روكويل (Rockwell test):

في هذا الاختبار يتم قياس عمق التغلغل، حيث يتم ضغط المخروط الماسي، او كره الفولاذ في البداية بتحميل اولي يعقبه تحميل اساسي. ان الاختلاف في عمق التغلغل، يعتبر مقياساً للصلادة ويؤخذ مباشرة من ماكنة الاختبار. والملاحظ من الشكل (1-5) بان هنالك اختلافاً في مدرجات (scales) قياس الصلادة بالاضافة لاختلاف التحميل في هذا الاختبار. فاذا كان رقم الصلادة (55) والمأخوذ من المدرج (C)، فان رقم روكويل للصلادة يكتب بهذه الصيغة (55 HRC). ومن الجدير بالذكر في هذا المجال، بان اختبار روكويل للصلادة يعتبر من الاختبارات، التي بالامكان انجازها بصورة سريعة، ولذلك فان هذا الاختبار يستخدم بكثرة في الصناعة.

1-3-3-3 اختبار فكرز (Vickers test)

يستخدم في هذا الاختبار هرم ماسي بقاعدة مربعة، حيث يتم ضغطه على سطح العينة بحمل يتراوح بين (1-120) كغم.

$$\text{رقم فيكرز للصلادة} = HV = \frac{1.84P}{L^2}$$

حيث ان (HV) هو رقم فيكرز للصلادة، (P) هو مقدار الحمل المستخدم مقاساً بالكيلوغرام و(L) هو طول الوتر الواصل بين ركني الاثر المربع الشكل مقاساً بالمليمترات.

1-3-3-4 اختبار نوب Knoop test

يعرف هذا الاختبار باختبار الصلادة الدقيقة (Microhardness test)، حيث يضغط هرم ماسي بحمل يتراوح بين (25) غم و (5) كغم.

$$\text{رقم نوب للصلادة} = HK = \frac{14.2P}{L^2}$$

حيث ان (HK) هو رقم نوب للصلادة، (P) هو مقدار الحمل المستخدم في الاختبار مقاساً بالكيلوغرام و (L) هو الوتر الكبير بين ركني الاثر المعيني الشكل مقاساً بالمليمترات.

1-4-3 اختبار الصدم (Impact test)

الغرض من هذا الاختبار هو لقياس متانة (Toughness) المادة، وقابليتها على مقاومة الصدمات (Impact resistance). ان اختبار الشد لا يعطي بصورة عامة دلالات واضحة ومتكاملة عن

قصافة المادة، لذلك يجري هذا الاختبار. وهنالك طريقتان لانجاز هذا الاختبار، شكل (1-6):

أ- طريقة شاربي (Charpy method)

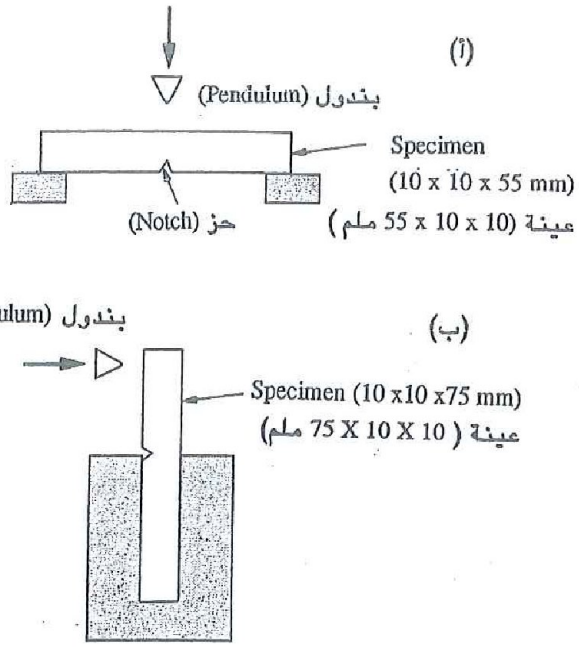
ويتم فيها تثبيت العينة من طرفيها.

ب- طريقة أيزود (Izod method)

ويتم فيها تثبيت العينة من طرف واحد ويبقى الطرف الآخر حراً.

تستخدم اجهزة بندولية (Pendulum devices)، لاجراء الاختبار المتماثل بالطريقتين المذكورتين اعلاه. حيث يتم استخدام بندول يرفع الى ارتفاع معين، ثم توضع عينة (Specimen) بابعاد قياسية، ومزوده بحز (Notch) بابعاد قياسية ايضاً، حسب طريقة الاختبار، في المكان المحدد لها على الجهاز. بعدها يسمح للبندول بصدم العينة، فيرتفع من الجانب الآخر بعد عملية الصدم، الى الاعلى بمقدار معين وحسب مادة العينة. ومن الاختلافات في الارتفاع قبل وبعد عملية الصدم، عن طريق الزوايا ، التي يسجلها مؤشر يتحرك مع البندول، ومن وزن البندول، نستطيع معرفة مقدار الطاقة المفقودة او المبدده (Dissipated)، والتي استخدمت من اجل كسر العينة. وهذه الطاقة المبدده عبارة عن متانة الصدم (Impact tonghness) لمادة العينة.

والمواد التي تقاوم الصدم، بصورة عامة عبارة عن مواد تتمتع بمقاومة (Strength) عالية ومطيلية (Ductility) عالية، وبالتالي متانة (Toughness) عالية.



شكل (1-6) طريقة شاربي (أ) وطريقة أيزود (ب) لاختبار الصدم.

1-3-5 اختبار التزحف (Creep test)

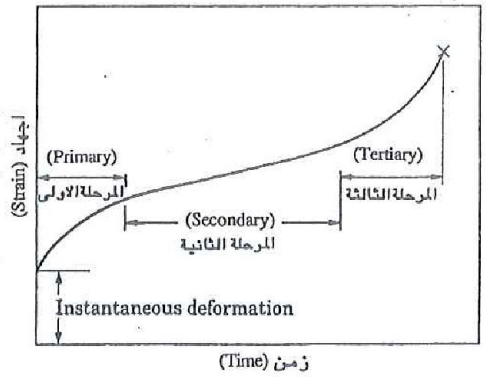
ان الاختبارات الميكانيكية السابق ذكرها، مثل اختبار الشد واختبار الصدم، تعطي معلومات عن المادة في حالة تعرضها لجهد معين خلال فترة زمنية قصيرة. وقد لوحظ بانه في حالة تعرض الكثير من المواد، الى جهد معين وثابت وفي درجات حرارية مختلفة لفترة زمنية طويلة، فانها سوف تُجهد. تعبر المادة عن الاجهاد المتعرضة له بالاستطالة التدريجية، وتستمر عملية الاستطالة التدريجية هذه مع مرور الزمن، لتؤدي في النهاية الى حصول الكسر في المادة. ويحدث الكسر هذا حتى وان كان الجهد المسلط اقل كثيراً من مقاومة الشد القصوى (UTS). ان هذه الاستطالة التدريجية المستمرة التي

تحدث في المادة، نتيجة لاجهادها بحمل ثابت المقدار تسمى بالتزحف (Creep). وتعامل هذه الخاصية بعناية عند وضع التصميمات الهندسية، خاصة بالنسبة لتصاميم توربينات الغاز او البخار وجميع الاجزاء التي تعمل تحت تأثير الضغط في درجات حرارية عالية. ومن الجدير بالذكر بان هنالك بعض المواد تتعرض لهذه الظاهرة حتى في درجة حرارة الغرفة، مثل الرصاص. ونتيجة لهذه الظاهرة فلقد وجد بان زجاج نوافذ بعض الابنية القديمة، اسمك في الجهة السفلى مما هو عليه في الجهة العليا.

ويماثل اختبار التزحف اختبار الشد، ولكن في هذا الاختبار توضع العينات في فرن كهربائي اسطواني الشكل تحت تأثير حملاً ثابتاً،وذلك يعني جهداً هندسياً ثابتاً، ودرجة حرارية ثابتة. وفي هذا الاختبار يتم قياس التغير في طول العينة بين فترة زمنية وأخرى قد تصل الى عدة اشهر، ويتم حساب الاجهاد لكل فترة زمنية، وبذلك نحصل على منحنى يمثل العلاقة بين الاجهاد والزمن، واحد هذه المنحنيات النموذجية لأحد المواد مبين في الشكل (7-1).

والملاحظ من الشكل وجود ثلاثة مراحل للمنحنى، المرحلة الاولى (Primary) والمرحلة الثانية (Secondary) والمرحلة الثالثة (Tertiary) وتنكسر العينة في نهاية المرحلة الاخيرة.

وبصورة عامة يمكن القول بان المواد ذات المقاومة العالية للتزحف، هي المواد التي تتمتع بدرجة انصهار عالية. لذلك من الضروري استخدام مثل هذه المواد عندما تتطلب الحاجة مواد ذات مقاومة عالية للتزحف.



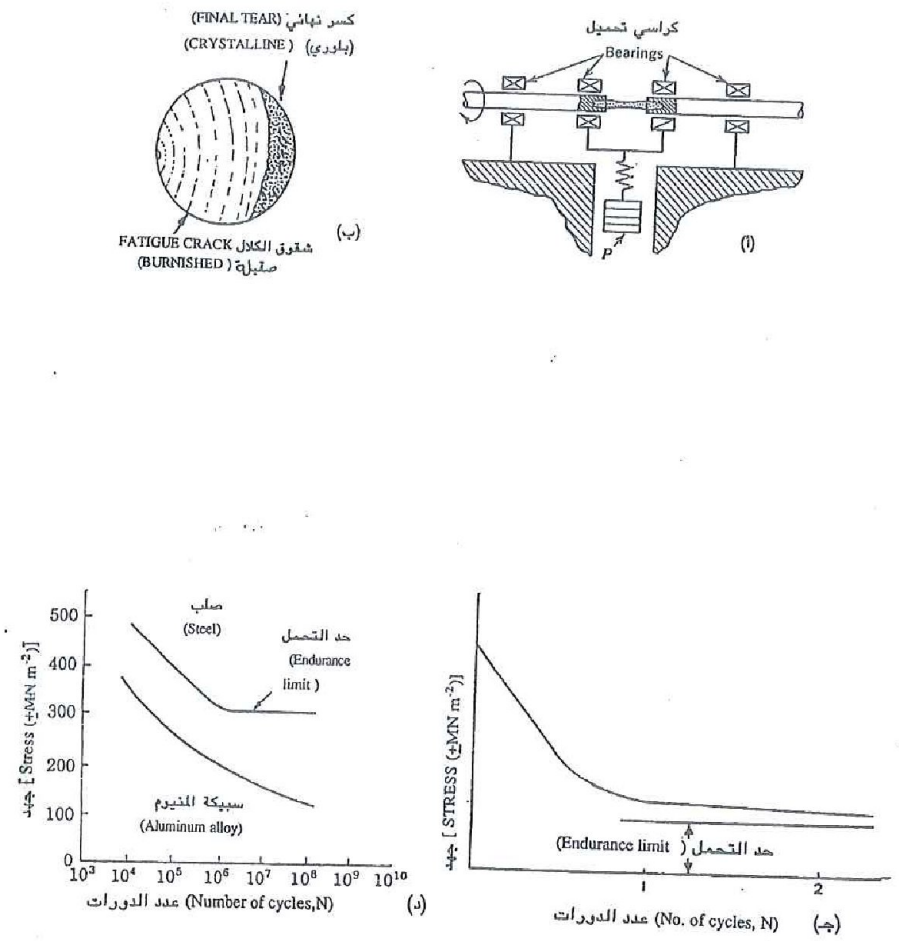
شكل (7-1) منحنى نموذجي لاختبار التزحف يبين العلاقة بين الاجهاد والزمن، لاحظ المراحل الثلاثة لهذا المنحنى، ومقدار الاجهاد او التشوه (Deformation) تحت تأثير الحمل الثابت.

6-3-1 اختبار الكلال (Fatigue test)

اذا تعرضت المادة الى جهود متغيرة في المقدار والاتجاه او في المقدار فقط، فانها تنكسر عند قيم من الجهود، والمصممة على أساسها، اقل بكثير من مقاومة الشد القصوى (UTS) لهذه المادة، ويقال عن المعدن الذي ينكسر او ينهار تحت هذه الظروف بانه تعب او كل. وتحدث هذه الظاهرة في ادوات القطع (Cutting tools)، التروس (Gears)، القوالب (Dies)، الحدبات (Cams)، والنوابض (Springs). ويطلق على الكسر الناشئ بكسر الكلال. يتميز هذا الكسر بوجود منطقتين، حيث تكون المنطقة الاولى ملساء ولامعة وفيها يبدأ شق صغير جداً بالظهور، ثم يتوسع وينمو حتى يصل الى مقدار معين ، تبدأ بعده المنطقة الثانية بالتكون ، لاحظ شكل (1-8 ب). هذه المنطقة الثانية تكون خشنة بعكس المنطقة الاولى.

ان اختبار الكلال يجرى على المادة لقياس ما يسمى بحد الكلال (Fatique limit) او حد التحمل (Endurance limit)، والذي يعرف بانه اكبر جهد تستطيع العينة تحمله عندما يكرر تسليط الحمل عدداً معيناً من المرات دون ان تنكسر، شكل (1-8جـ) وشكل(1-8د).

يستخدم في هذا الاختبار جهاز يسمى جهاز فولر(Woeler)، حيث يتم فيه تعريض عينة ذات ابعاد معينة لجهد معين، وذلك لايجاد عدد الدورات (Cycles) التي تنكسر عندها المادة ، شكل (1-8 أ). فلو فرضنا ان الحمل المسلط على العينة هو (P)، وان العينة في حركة دورانية كما مبين ذلك في الشكل (1-8 أ)، ففي هذه الحالة ستتعرض العينة لاجهادات متعاكسة، وهذه الحالة مماثلة لحني سلك في اتجاه ثم حنيه مرة ثانية في الاتجاه المعاكس، وقد ينكسر السلك بعد تكرار عملية الحني لعدد من المرات لايجاد حد التحمل لمادة ما، يجري الاختبار على عدد من العينات. يختلف الجهد المسلط على عينة عن الجهد المسلط على الأخرى، ثم يرسم منحنى يمثل العلاقة بين الجهد المسلط وعدد المرات التي سلط فيها هذا الجهد لحين انكسار العينة، شكل (1-8 جـ). وعند استخدام عينات من الفولاذ فاننا سنصل الى جهد لا تنكسر فيه العينة، وهذا الجهد يحدد حد التحمل او حد الكلال (Endurance limit or fatique limit). ولكن عينات بعض المواد تستمر بالانكسار بعد تكرار تسليط الجهد لعدد من المرات، يبلغ الملايين، وكما في حالة سبائك الالمنيوم شكل (1-8 د)، والتي تختلف عن حالة الفولاذ المبينة سابقاً. لذلك وبسبب الوقت الذي تستغرقه مثل هذه التجارب، وعدم امكانية تحديد حد للتحمل او حل للكلال لمثل هذه المواد، فانه قد تم تحدد حد الكلال



شكل (1-8) أ-اساسيات ماكنة اختبار الكلال.

ب-شكل كسر الكلال.

جـ-العلاقة بين عدد الدورات والاجهاد النموذجي، لاحظ حد التحمل.

د-العلاقة بين عدد الدورات والجهد للفولاذ واحد سبائك الالمنيوم، لاحظ عدم وجود حد التحمل في سبيكة الالمنيوم.

او حد التحمل باستخدام الجهد الذي تنكسر فيه العينة، بعد تكرار تسليطه لعدد من المرات يبلغ (10^7) مرة. وبهذه الطريقة يمكن تحديد عمر الخدمة المفيد (Useful service life) للقطع المصنوعة من هذه المواد.

«اسئلة»

س1 : اذكر اهم المواد الهندسية مع تحديد بعض استخداماتها.

س2 : ما هي المنتجات الجانبية وما علاقتها بالمواد الهندسية؟

س3 : ما هي العوامل المؤثرة على كلفة المواد الهندسية؟

س4 : كيف يستطيع المهندس اختيار المادة الهندسية الملائمة لوظيفة هندسية معينة؟

س5 : اذكر اهم خواص المواد الهندسية.

س6 : عرف ما يلي:

المرونة، اللدونة، الجهد، الاجهاد، معامل يونك، قانون هوك، نقطة الخضوع، مقاومة الشد القصوى، المطيلية والقصافة.

س7 : ارسم منحنى الجهد – الاجهاد الهندسي، وبين عليه ما يلي:

حد المرونة، حد اللدونة، نقطة الخضوع، مقاومة الشد القصوى، نقطة الكسر.

س8 : عرف الصلادة، وعدد اهم الاختبارات التي تجري لمعرفة صلادة المواد، واشرح واحدة منها.

س9 : أ) ما الغرض من اجراء اختبار الصدم؟ وكيف يتم اجراء هذا الاختبار؟ وضح ذلك مستعيناً بالرسم.

ب) ما الفرق بين اختبار ايزود وشاربي الصدمي؟

س10 : أ) ما المقصود بالتزحف؟ وما الاهمية الصناعية لهذه الخاصية؟

ب) ارسم منحنى نموذجي لاختبار التزحف، وبين الاسس المعتمدة في رسم هذا المنحنى.

المواصلات والآليات الزراعية والمعدات الميكانيكية المختلفة وغيرها.

1-2 السباكة الرملية (Sand casting)

السباكة الرملية عبارة عن عملية السباكة، والتي تتم في قوالب غير دائمية مصنوعة بالدرجة الاساس من الرمل.

1-1-2 رمل القالب (Mould sand)

رمل القالب يتكون من حبيبات السليكا (Silica particles) والطمي (Clay) والماء. تخلط هذه المكونات مع بعضها فيمتص الطمي معظم الماء ليتحول الى مادة لاصقة تغلف حبيبات السليكا الدقيقة. عند الضغط (Compressing) او الدك (Ramming) لهذه المكونات تلتصق حبيبات السيليكا مع بعضها البعض، لتكسب القالب المصنوع من هذه المكونات مقاومة وصلادة كافية، تمكنه من الثبات امام الظروف المختلفة لعملية السباكة.

2-1-2 النموذج (Pattern)

يضغط رمل القالب او يدك في داخل صندوق خاص يسمى بصندوق القوالب (Moulding box or flask)، حول ما يسمى بالنموذج. يتكون صندوق القولبة من جزئين، الجزء السفلي (Drag) والجزء العلوي (Cope)، شكل (2-2). وعندما تنتهي عملية الضغط خلال مراحل عمل القالب الرملي(Sand mould)، يسحب النموذج، ليترك فجوة في القالب تسمى بالتجويف (Cavity)، وهذا التجويف يملئ بالمعدن المصهور خلال عملية السباكة وبعد ان يتجمد المعدن في هذا التجويف، يتم انتاج المسبوكة .

يصنع النموذج اما من الخشب او المعدن او اللدائن، ويراعى ان تكون ابعاده اكبر قليلاً من ابعاد المسبوكة المطلوبة، وذلك بسبب انكماش معظم المعادن عند تجمدها، وهذه الزيادة في الابعاد تسمى بسماح الانكماش (Shrinkage allowance). كما يراعى وضع ميل بسيط في الاسطح الرأسية للنموذج لتسهيل عملية اخراج النموذج (قبل صب المعدن المصهور) لتكوين التجويف في القالب، يسمى هذا الميل بسماح الميل (Draft allowance). كما يوضع سماح آخر على اسطح النموذج يسمى بسماح التشغيل (Machining allowance)، حيث يتم تشغيل هذه الاسطح للمسبوكة بعد انتاجها، بعمليات كالخراطة (Turning) او القشط (Shaping) او التجليخ (Grinding)، وذلك لضبط ابعاد المسبوكة وتنعيمها. السماحات السابقة والتي يجب مراعتها، تعتبر من اهم السماحات التي توضع على ابعاد النموذج، والذي يكون شكله العام مشابهاً للمسبوكة المطلوب انتاجها، عدا بعض البروزات والتي توضع من النموذج وتسمى بطبعات القلب (Core prints). وتوضع هذه الطبعات عند صنع النموذج، ليتسنى بواسطتها، تحديد اماكن وضع القلوب(Cores)، بعد ان يسحب النموذج من القالب الرملي. إن الفجوات التي تتركها طبعات القلب، والموجودة اصلاً في النموذج، وبعد سحب هذا الاخير من القالب، تستخدم لاسناد القلوب. اطلق على هذه البروزات في النموذج اسم طبعات أو مساند القلب لانها وضعت او اضيفت الى تصميم النموذج لاسناد القلب بواسطة الفجوات التي تتركها، بعد سحب النموذج وذلك قبل عملية الصب (Pouring) شكل (2-2). النماذج تصنع عادة من قطعة واحدة بالنسبة للاشكال البسيطة اما بالنسبة للاشكال الاكثر تعقيداً

س11 : ارسم جهاز فولر واحد المنحنيات التي يتم الحصول عليها باستخدامه.

س12 : ما المقصود بحد الكلال او حد التحمل؟ وكيف يتم تحديده لسبيكة من الفولاذ وسبيكة من الالمنيوم؟

الفصل الثاني
عمليات السباكة
"Casting Processes"

تعتبر السباكة من العمليات القديمة جداً، والمستخدمة في تشكيل المواد (Shaping of materials)، وقد استخدمت اولاً قبل حوالي (6000) سنة، من اجل صنع الحلي ورؤوس السهام النحاسية وغيرها من الادوات. بالامكان تعريف عملية سباكة المواد المعدنية، بانها عملية تشكيل جسم من المعدن*، حيث يصب معدن مصهور في قالب يحتوي على تجويف، فياخذ المعدن المصهور شكل تجويف القالب بعد تجمده، لذا فان شكل المسبوكة (Casting) (منتج عملية السباكة) يتحدد بشكل تجويف القالب. وتجري عملية السباكة غالباً في مكان خاص يسمى بالمسبك (Foundry). فاذا تم كسر القالب (Mould) لاخراج المسبوكة او المسبوكات، فان هذا القالب يسمى بالقالب غير الدائمي (Non - permanent mould) ، كما في عملية السباكة الرملية (sand casting). واذا لم يتم كسر القالب، وتم فتحه لاخراج المسبوكة او المسبوكات، ثم اعادة استعماله لانتاج مسبوكات مشابهة اخرى فان القالب يسمى بالقالب الدائمي (Permanent mould)، كما في عملية السباكة الدائمة بدون ضغط (Non-permanent mould casting).

وتستخدم السباكة بكثرة في انتاج معدات النقل ووسائل

* تطلق كلمة معدن على المواد المعدنية بصورة عامة، فيرجى ملاحظة ذلك في كافة المواضيع التي سيتم التطرق اليها مستقبلاً.

الفصل الرابع
القياس والتحديد
"Measuring and Marking out"

4-1 القياس وادواته (Measuring&measuring tools)

القياس عبارة عن الوسيلة، التي بواسطتها نستطيع ان نضمن مطابقة ابعاد المادة المنتجة بالعمليات التصنيعية المختلفة كالسباكة والتشكيل والتشغيل وغيرها للمواصفات المطلوبة، والتي تم وضعها من قبل المصمم. ويمكن القول بصورة عامة بانه لا يمكن تصنيع قطعة من مادة معينة بدون اجراء بعض عمليات القياس عليها، سواء اتم ذلك قبل المباشرة في تصنيعها او خلال تصنيعها او بعد تصنيعها. فالقياس اذاً هو مفتاح كل عمليات التصنيع، حيث لا يمكن اعتبار عملية التصنيع قد انجزت بدون مطابقة القطعة المصنعة للابعاد المطلوبة.

ان قبول او رفض المنتج يعتمد كلياً على مطابقة ابعاده للابعاد المقررة، وكلما ازدادت دقة الابعاد المطلوبة، والتي تم وضعها من قبل المصمم، كلما ارتفعت كلفة المنتج، وذلك بسبب زيادة كلفة العمل وكلفة القياس.

4-1-1مسطرة الفولاذ (Steel rule)

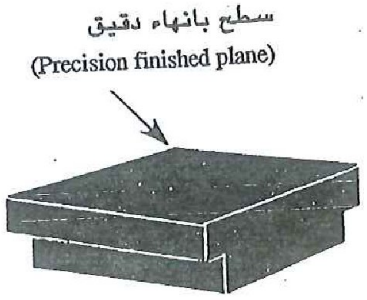
تعتبر مسطرة الفولاذ من الادوات الهامة، لاجراء القياسات المتقنة، على عكس ما يعتقد، فان اتقان القياس يحتاج الى ادوات بسيطة وخبرة طويلة. طول مسطرة الفولاذ

Scanned with CamScanner

عادة يساوي (25) سنتمتراً، وكل سنتمتراً مقسم بدوره الى عشرة اقسام، فكل جزء بين تقسيمين يساوى (1) ملم، وذلك واضح في الجزء السفلي من مسطرة الفولاذ، شكل (4-1). اما في الجزء العلوي من المسطرة فكل مليمتراً واحداً مقسم الى جزئين، فكل جزء بين تقسيمين يساوي (0.5) ملم.

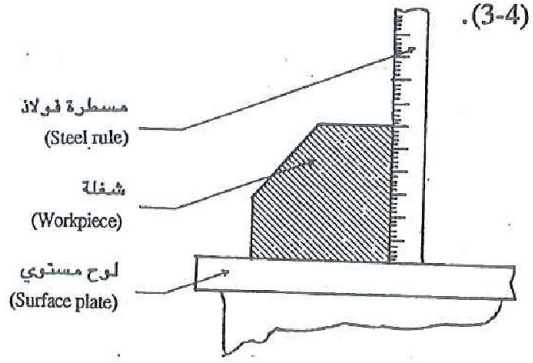
شكل (4-1) مسطرة الفولاذ.

ومن اجل القياس بمسطرة الفولاذ بصورة دقيقة، من الضروري استخدام سطح كمرجع للقياس ويسمى بالسطح المرجعي (Reference sruface)، لذلك تستخدم الالواح المستوية (Surface plate) لهذا الغرض، شكل (4-2). وتصنع هذه الالواح من حديد الصب (Cast iron) او من مادة الكرانيت (Granite)، ويُنعم سطحها المستوي الى درجة عالية من الدقة.



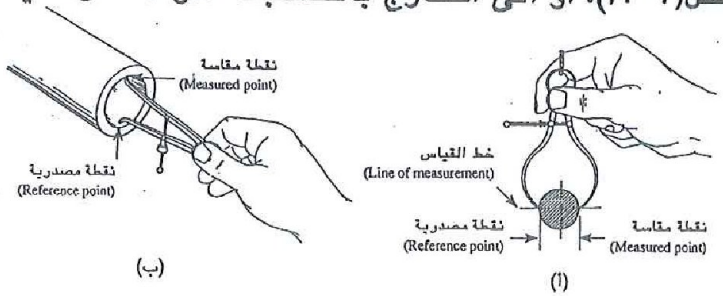
شكل (4-2) لوح مستوي.

وهذا السطح يعتبر السطح المصدري لاجراء القياس، حيث توضع القطعة المطلوب قياس ابعادها على هذا السطح للوح المصدري ، ويتم اجراء القياس بمسطرة الفولاذ، كما مبين ذلك في شكل (4-3).



شكل (4-3) استخدام اللوح المستوي لضمان دقة القياس بمسطرة الفولاذ.

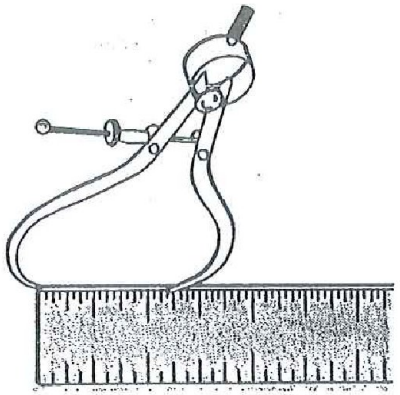
كما هو ملاحظ من الصعب استخدام هذه الطريقة لقياس ابعاد الاجسام، ذات المقاطع الدائرية مباشرة، وفي هذه الحالات تستخدم ادوات نقل القياس (Claipers). وهذه الادوات تشبه الفراجيل في العلب الهندسية، ولكن اذرعها تكون منحنية الى الداخل بالنسبة لادوات نقل قياس الاقطار الخارجية ، شكل(4-4أ)، او الى الخارج بالنسبة لادوات نقل قياس



شكل (4-4) أ- اداة نقل قياس الاقطار الخارجية.

ب- اداة نقل قياس الاقطار الداخلية.

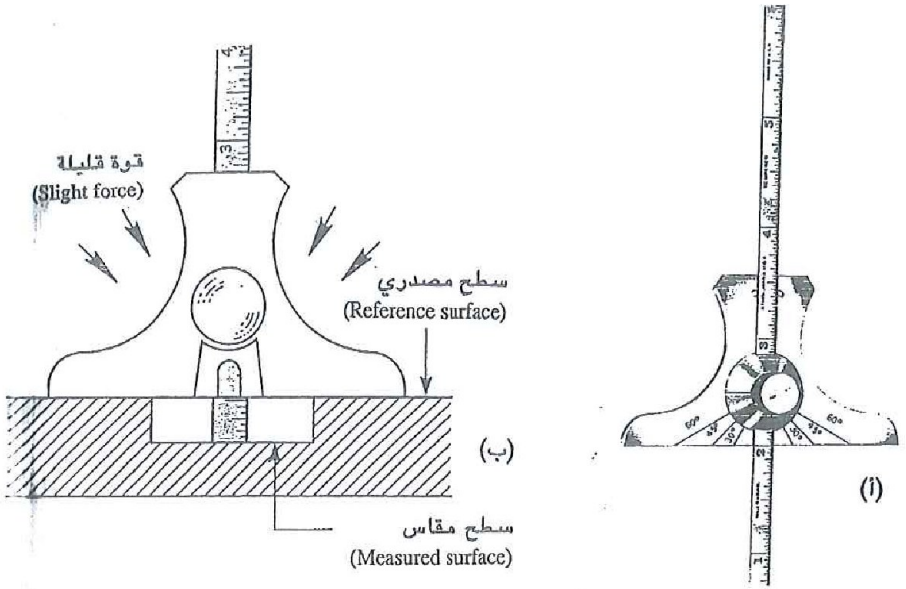
الاقطار الداخلية، شكل (4-4 ب). وينقل القياس ليتم تحديده باستخدام مسطرة الفولاذ، كما موضح ذلك في الشكل (4-5).



شكل (4-5) استخدام مسطرة الفولاذ، لتحديد المسافة بين ذراعي اداة نقل القياس.

4-1-2 مسطرة قياس العمق (Depth gauge)

هذه المسطرة، شكل (4-6) تحل محل مسطرة الفولاذ عادة عند قياس عمق الاخاديد والقنوات والثقوب غير النافذة. وعند استخدام هذه المسطرة يتم ارخاء الزر الدائري المقطع بمقدار كافي لتسهيل عملية انزلاق الجسم على المسطرة، وتوضع نهاية المسطرة في قعر الاخدود او الثقب غير النافذ، ثم يحرك الجسم حتى ينطبق على سطح القطعة الموجودة فيها الاخدود او الثقب، ثم يشد الزر الدائري المقطع باحكام، وتسحب مسطرة قياس العمق من الاخدود او الثقب، ويتم تحديد عمق الاخدود او الثقب بقراءة تقسيم المسطرة المدرج والذي ينطبق على السطح السفلي لجسم مسطرة قياس العمق .

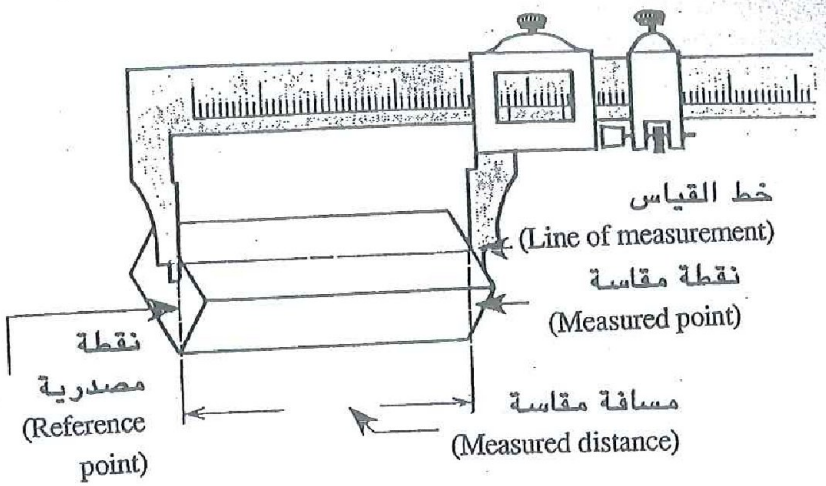


شكل (4-6) (أ) مسطرة قياس العمق.

(ب) مسطرة قياس العمق خلال القياس.

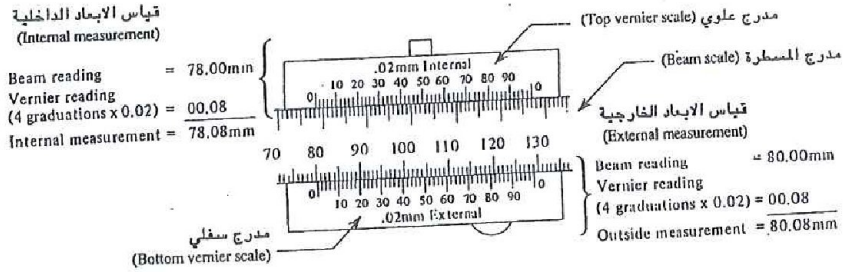
4-1-3 القدمه (Vernier caliper)

الملاحظ من استخدام مسطرة الفولاذ بان اجزاء المليمتر، والتي تقل عن $(\frac{1}{2})$ ملم غير مثبتة على المسطرة، ويمكن تقديرها بواسطة الخبرة. ولكن هنالك ادوات قياس يمكن عند استخدامها تحديد هذه الاجزاء من المليمتر تحديداً دقيقاً والقدمه هي احدى هذه الادوات.



شكل (4-7) القدمه.

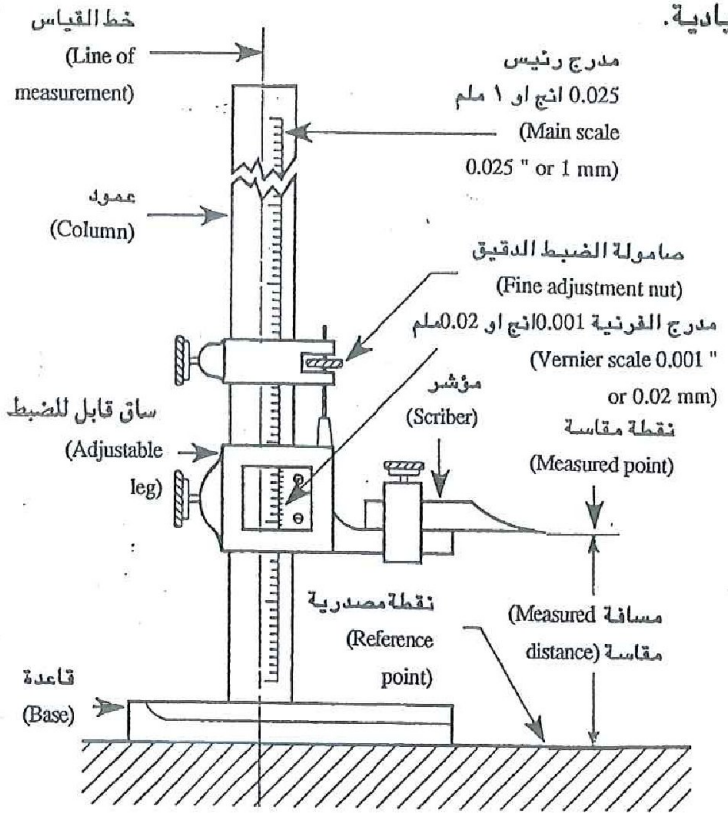
تتكون القدمه، شكل (4-7)، من فكين احدهما ثابت وعليه مدرج مماثل لمسطرة الفولاذ، والآخر متحرك وعليه مدرج علوي ومدرج سفلي، المدرج السفلي يستخدم لقراءة قياسات الابعاد الخارجية (External measurment) اما المدرج العلوي فيستخدم لقراءة قياسات الابعاد الداخلية (Internal measurment)، كما موضح ذلك في الشكل (4-8) مع اسلوب قراءة وحساب الابعاد المقاسة بواسطة القدمه.



شكل (4-8) اسلوب قراءة وحساب الابعاد المقاسة بواسطة القدمه.

4-1-4 قدمه قياس الارتفاع (Vernier height gauge)

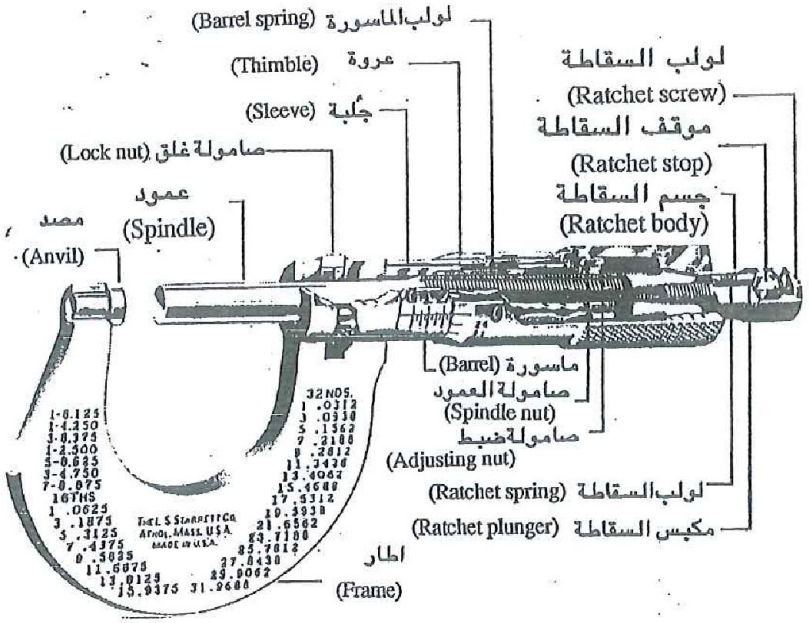
هذه الاداة تختلف اختلافاً بسيطاً عن القدمه الاعتيادية، حيث ان المدرج الثابت مرتكز على قاعدة، كما مبين في الشكل (4-9)، بينما المدرج المتحرك يحتوي على مؤشراً أو مخططاً (Scriber) بقاعدة سفلى مستوية. يمكن استعمال هذه القدمه لقياس ارتفاع الاجسام، وذلك بانطباق سطح القاعدة السفلى للمؤشر أو للمخطاط على السطح العلوي للجسم المطلوب قياس ارتفاعه، ومن ثم قراءة ارتفاع هذا الجسم بواسطة المدرج الثابت والمدرج المتحرك للقدمة، مثلما تم توضيحه في القدمة الاعتيادية.



شكل (4-9) قدمه قياس الارتفاع.

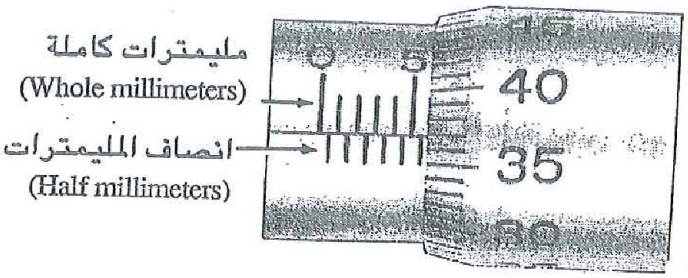
5-1-4 المايكرومتر (Micrometer)

المايكرومتر هو احد ادوات القياس الدقيقة شكل (4-10)، ودقة القياس يتم الحصول عليها بتكبير قراءة القياس، وهذا هو اساس المايكرومتر. ان الاجزاء الرئيسية للمايكرومتر المبينة هي المصد (Anvil) والعمود (Spindle) (يتم بينهما وضع القطعة المطلوب قياسها) والماسورة (Barrel) المدرجة (حيث ان التدريج العلوي مقسم الى مليمترات والتدريج السفلي



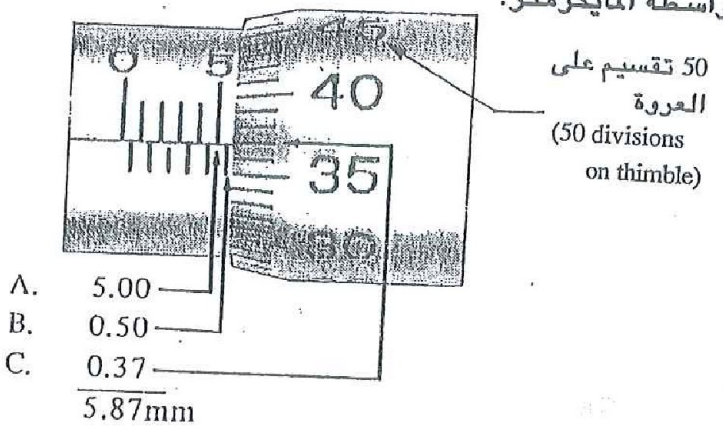
شكل (4-10) مايكرو متر.

مقسم الى انصاف المليمترات)، شكل (4-11)، والعروة (Thimble) التي بدورانها دورة كاملة يتحرك عمود الدوران، نصف مليمتر. النصف ملميتر هذا مقسم الى خمسين جزءاً ،



شكل (4-11) الماسورة والعروة في المايكرومتر وتدريجاتها.

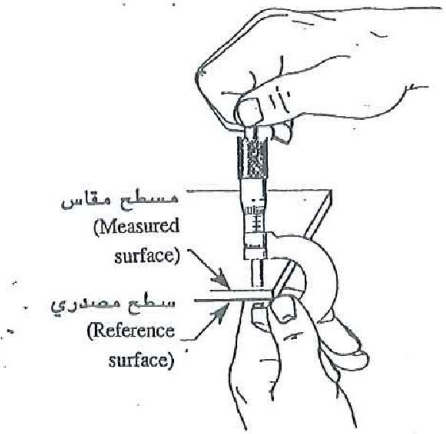
والمسافة بين كل تقسيمين تمثل $\frac{1}{50}$ من نصف المليمتر (0.01 ملم)، وهذه التقسيمات مؤشرة على سطح العروة المائل ، شكل (4-12). لاحظ في هذا الشكل اسلوب قراءة وحساب الابعاد المقاسة بواسطة المايكرمتر.



شكل (4-12) اسلوب قراءة وحساب الابعاد المقاسة بواسطة المايكرومتر.

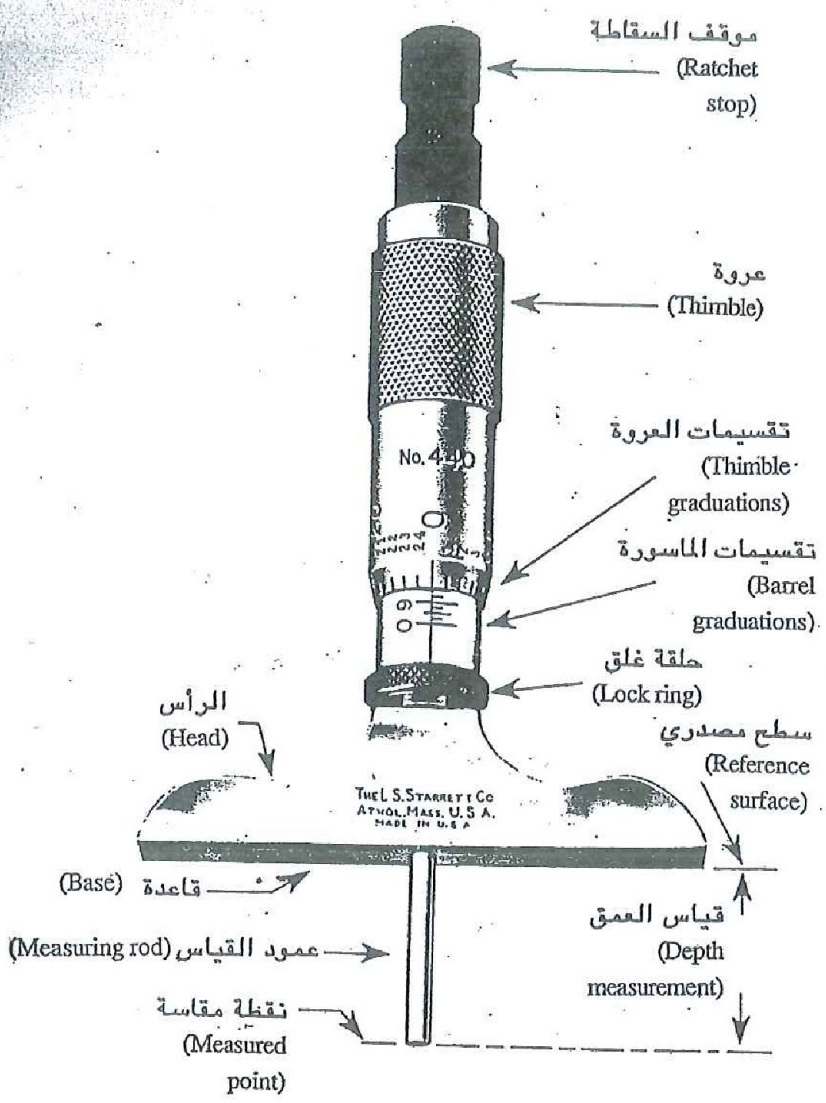
توضع القطعة المطلوب اجراء القياس عليها بواسطة المايكرومتر بين المصعد والعمود، ويحرك العمود باتجاه القطعة

بواسطة العروة، ولحين حصول تماس اولي بين سطح المصد والقطعة وكذلك بين سطح العمود والجسم، شكل (13-4).



شكل (13-4) الاسلوب السليم لاستخدام المايكرومتر في القياس.

وهنالك انواع أخرى من المايكرمترات تستخدم في قياس الاعماق وتسمى بمايكرومترات قياس الاعماق (Depth micrometers)، واحد هذه المايكرومترات مبين في الشكل (14-4).

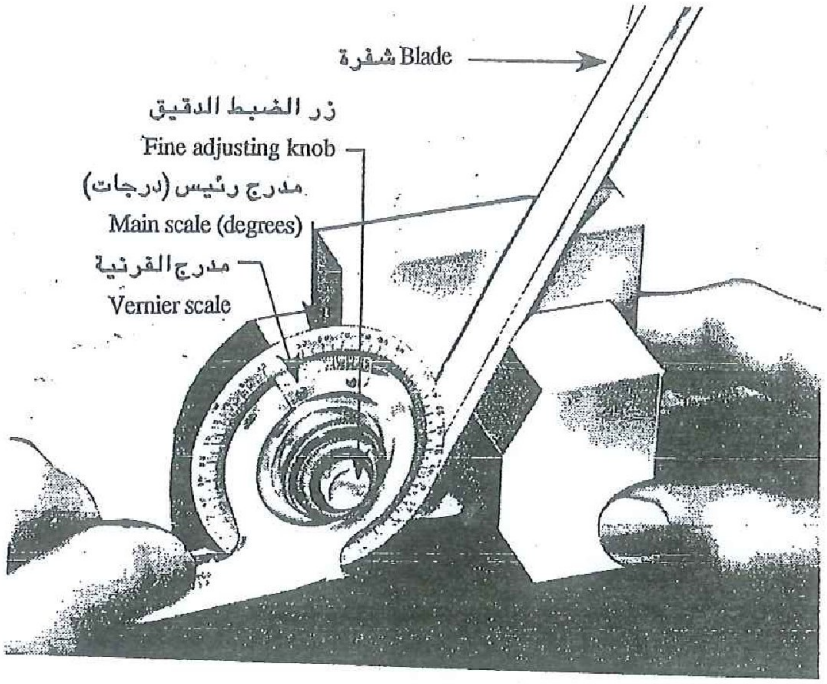


شكل (14-4) مايكرومتر قياس الاعماق.

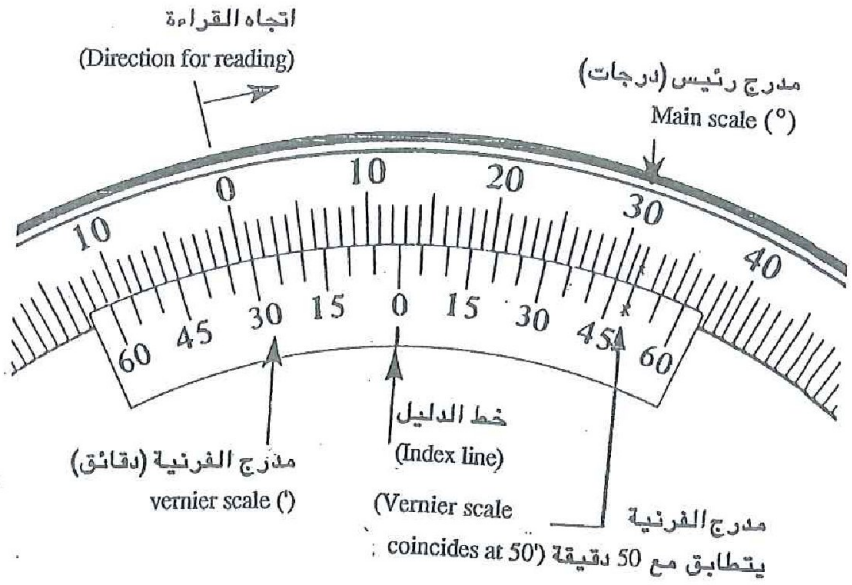
6-1-4 المنقلة القدمه (Vernier protractor)

تستخدم المنقله القدمه وذلك لقياس الزوايا المختلفة للمنتجات، شكل (15-4)، وباستخدام هذه الاداة بالامكان قياس

الزوايا المختلفة وبصورة دقيقة جداً بواسطة التدريجات المؤشرة على مدرجها الرئيسي ومدرج الفرنيه، الشكل (4-16).



شكل (4-15) المنقله القدمه.

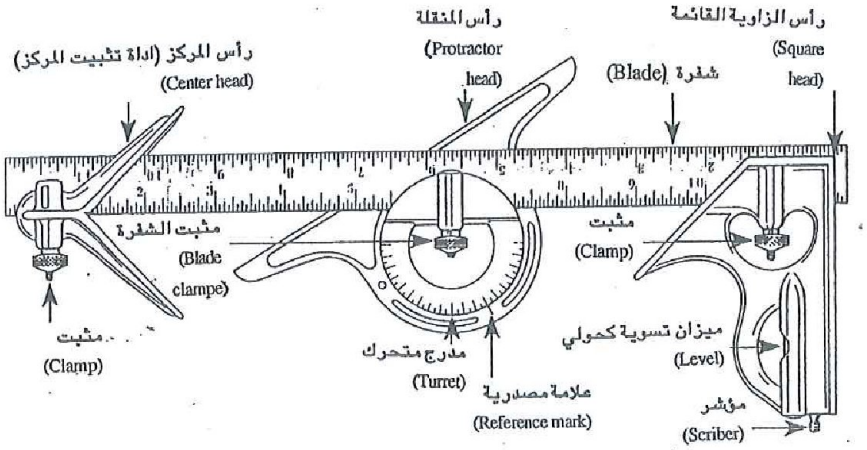


شكل (4-16) قياس احدى الزوايا باستخدام المنقلة القدمه، والزاوية المقاسة تبلغ (12°) و (50').

4-1-7 المجموعة المركبة (Combination set)

المجموعة المركبة، شكل (4-17)، تحتوي على مسطرة الفولاذ (Steel rule or blade)، رأس الزاوية القائمة (Square head)، ميزان التسوية الكحولي (Spirit level) ، المؤشر او المخطاط (Scriber)، المنقلة القدمه (Vernier protractor) وكذلك اداة تثبيت المركز (Center head) والتي تستعمل لايجاد مراكز الاعمدة والقضبان ذات المقاطع الدائرية [انظر شكل (4-23)]. تستخدم المجموعة

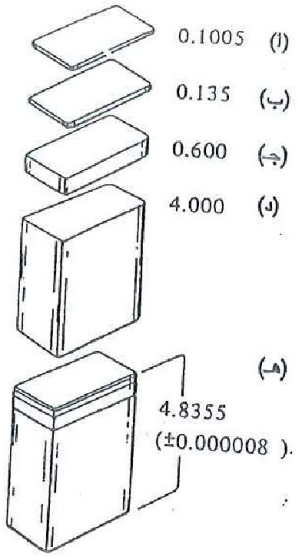
المركبة ليس لفرض القياس فحسب، بل تستعمل في التحديد ايضاً، كما سيتم ذكره في فقرات قادمة.



شكل (4-17) المجموعة المركبة.

4-1-8 قوالب القياس المنزلقة (Slip gauges)

هذه القوالب أو القطع، على شكل متوازي المستطيلات، تستخدم للقياس الدقيق الابعاد، تصنع هذه القوالب أو القطع من الفولاذ المقسى وبسطوح عالية النعومة، وتتواجد بقياسات مختلفة وعلى شكل مجاميع، حيث بالامكان اجراء اكثر من (100,000) قياس للابعاد من مجموعة مكونة من (83) قطعة. ويتم تركيب هذه القطع ، وذلك حسب البعد المطلوب قياسه، احدها فوق الآخر بالضغط بواسطة اليد لحين الوصول للبعد المطلوب، ونظراً



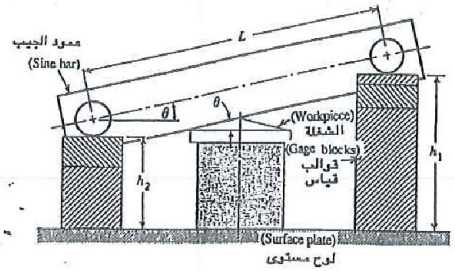
شكل (4-18) قوالب القياس المنزلقة (الأبعاد مقاسة بالإنجات).

لنعومة سطوح هذه القطع فانها تلتصق مع بعضها بعد ضغطها باليد وتجميعها، الشكل (4-18). ويلاحظ من الشكل ان القطعة (جـ) قد تم تجميعها على القطعة (د)، ثم جُمعت القطعة (ب) مع (جـ) والقطعة (أ) مع (ب). وهذا التجميع موضح في (هـ)، واذا تم التجميع بصورة سليمة، وسطوح القطع كانت نظيفة، فان القطع المجمعة والمبينة في (هـ) يمكن اعتبارها قالباً واحداً، وذلك لالتصاق هذه القطع مع بعضها. ومن المفضل استخدام اقل عدد ممكن من القطع للوصول الى البعد المطلوب.

4-1-9 عمود الجيب (Sine bar)

يستخدم عمود الجيب لقياس الزوايا او لانجاز الزوايا على الشغلات ويركب على محور عمود الجيب ازرار (Buttons) متساوية الاقطار. ان البعد بين مركزي هذه الازرار معلوم،

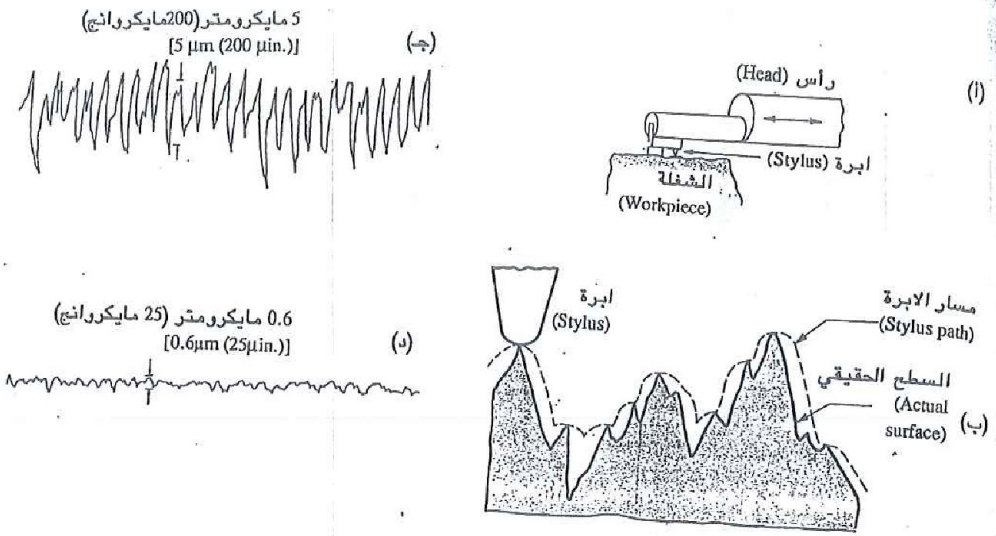
شكل (4-19)، وتستخدم قوالب القياس المنزلقة المعلومة الابعاد لتحقيق الميل المناسب للعمود، وباستخدام العلاقة حا $\theta = \frac{\Delta h}{L}$، نستطيع معرفة الزاوية المطلوب قياسها، او الوصول الى الزاوية المطلوب انجازها، ويمثل (Δh) الفرق بين الارتفاع (h_1) والارتفاع (h_2).



شكل (4-19) عمود الجيب.

4-1-10 مقياس خشونة السطوح (Profilometer)

وفي هذا المقياس توجد ابره (Stylus) تمرر على طول السطح، المطلوب قياس خشونته، شكل (4-20) . تُكبر الخشونة او عدم انتظام (Irregularities) السطح وتسجل، ويذكر مقدار التكبير، لاحظ الجانب الايسر من شكل (4-20)، وبذلك يتسنى معرفة مقدار خشونة السطح المقاس.



شكل (4-20) مقياس خشونة السطوح.

4-2 التحديد وادواته (Marking out & marking out tools)

التحديد عبارة عن عملية وضع المؤشرات، من خطوط ونقاط على القطعة المطلوب تصنيعها، من اجل الحصول على المنتج بالابعاد المطلوبة، فمثلاً عند استعمال المثقب (Drilling machine)، من الضروري تحديد النقاط التي سيتم اجراء عملية الثقب عليها، كما انه من الضروري تثبيت نقاط المركز للقطعة المطلوب تشغيلها بواسطة المخرطة، ليتسنى تثبيتها بين مركزي المخرطة، او تحديد مساحة وعمق المنطقة المراد قشطها بواسطة المقشطة، وغيرها من العمليات الصناعية. فالتحديد ضروري من اجل انجاز العمليات الصناعية بشكل يضمن دقة وجودة تصنيع المنتج.

4-2-1 استعمال الطلاء في التحديد

(The use of coating for marking out)

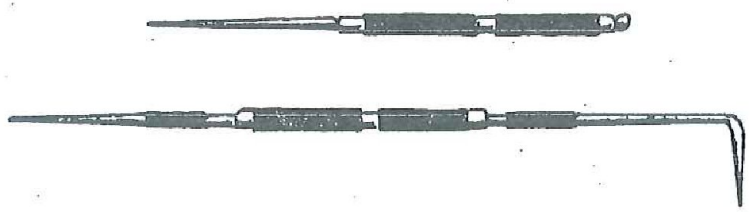
من اجل جعل المؤشرات مرئية وواضحة، تطلى القطعة المطلوب تحديدها وتأشيرها بطلاء خاص ازرق اللون عادة، ومن ثم تخطط بواسطة احد ادوات التحديد التي سيتم ذكرها.

4-2-2 ادوات التحديد (Scribing tools)

اهم الادوات التي تستخدم في التحديد هي المؤشر او المخطاط، قالب السطوح، سنبك المركز، فرجال التقسيم، ويتم استخدامها بالاستعانة ببعض ادوات القياس والتي سبق ذكرها كمسطرة الفولاذ، رأس الزاوية القائمة، المجموعة المركبة وغيرها.

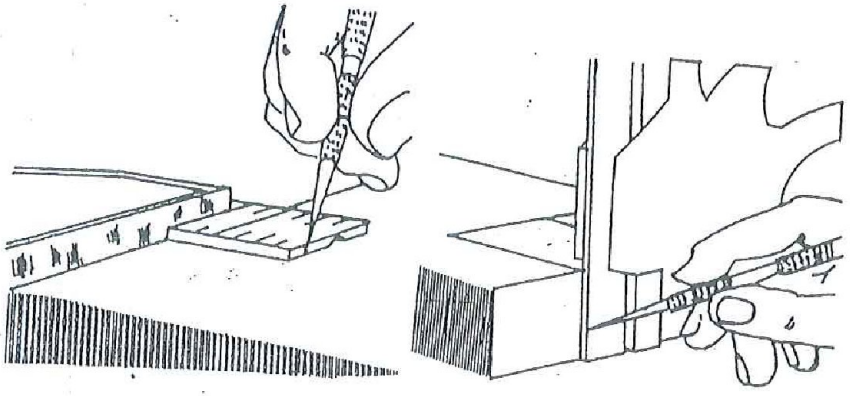
4-2-2-1 المؤشر او المخطاط (Scriber)

المؤشر او المخطاط عبارة عن اداة تستخدم لرسم الخطوط في التحديد، والمخطاط متوفر بانواع مختلفة، شكل(4-21).

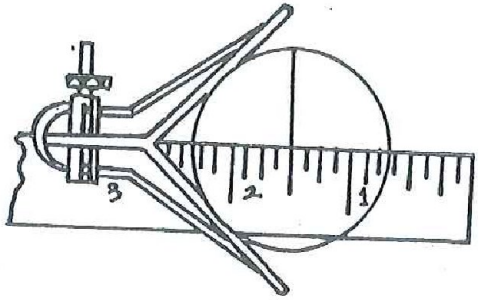


شكل (4-21) انواع من المخطاط.

والشكل (4-22) يوضح طريقة استخدام المخطاط مع رأس الزاوية القائمة في تأشير الخطوط، ويستخدم المخطاط بزاوية مائلة، وتكون نهايته المدببة ملامسة قدر الامكان لحافة مسطرة رأس الزاوية القائمة. اما الشكل (4-23) فيبين كيفية تحديد مركز عمود بمقطع دائري بالاستعانة باداة تثبيت المركز.



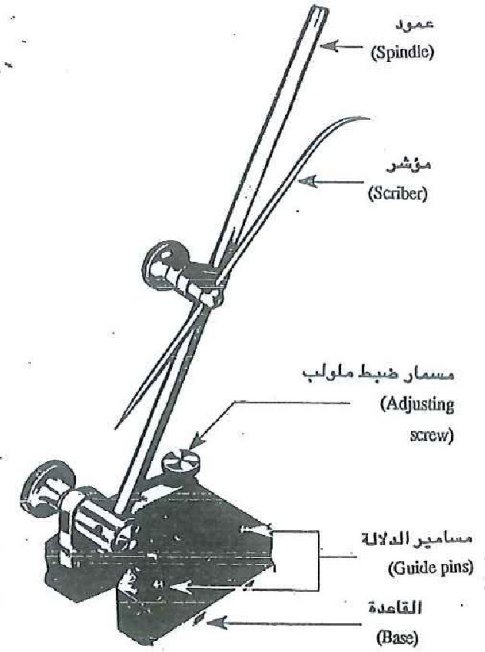
شكل (4-22) تأشير الخطوط باستخدام المخطاط ورأس الزاوية القائمة .



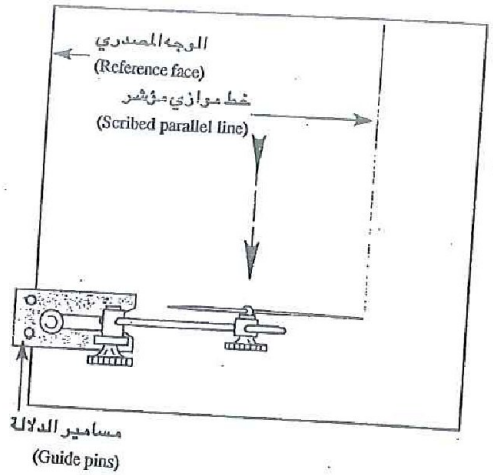
شكل (4-23) تحديد مركز عمود دائري المقطع بالاستعانة باداة تثبيت المركز.

4-2-2-2 قالب السطح (Surface gauge)

الاجزاء الرئيسية لهذا القالب مبين في الشكل (4-24)، ويتكون هذا القالب من قاعدة (Base) ومن عمود (Spindle) يربط عليه المؤشر او المخطاط (Scriber)، والذي يتحرك الى الاعلى والى الاسفل على العمود ويثبت في الموقع المناسب بواسطة لولب (Screw)، والشكل (4-25) يوضح اسلوب استخدام قالب السطح في تأشير الخطوط.



شكل (4-24) قالب السطح واجزائه.



شكل (4-25) اسلوب استخدام قالب السطح في تأشير الخطوط، لاحظ تأشير الخطوط الموازية.

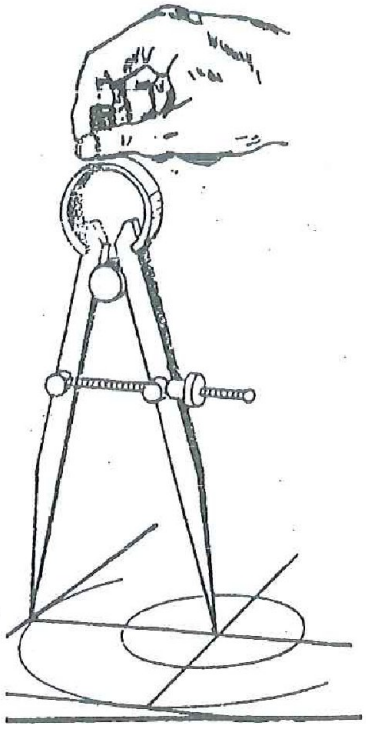
4-2-2-3 سنبك المركز (Center punch)

تستخدم هذه الاداة لتحديد المركز، شكل (4-26)، ويتم ذلك بواسطة استخدام مطرق، يطرق نهاية الاداة العليا بعد ان يتم تثبيت نهايته السفلى المدببة على المنطقة المراد تحديد مركزاً أو موقعاً ما فيها، فتترك النهاية المدببة للاداة بعد الطرق اثراً، يستخدم بعد ذلك لعمليات التحديد والتأشير الاخرى او لغرض اجراء عمليات أخرى كالثقب او الخراطة.

شكل (4-26) سنبك المركز.

4-2-2-4 فرجال التقسيم (Dividers)

فرجال التقسيم يستخدم لنقل القياس او مقارنة الابعاد، وكذلك لرسم الدوائر، شكل (4-27)، حيث تمسك قمته بين الابهام والسبابة، ويفتح الفرجال بمقدار نصف قطر الدائرة المطلوب رسمها. يتم تثبيت مركز الدائرة على القطعة المراد تحديد الدائرة عليها، بواسطة سنبك المركز. يوضع احد سيقان فرجال التقسيم في الاثر الذي تركه سنبك المركز على القطعة ويحرك الساق الآخر للفرجال حركة دورانية، وبضغط معتدل يتم رسم الدائرة المطلوبة.



شكل (4-27) فرجال التقسيم.

«أسئلة»

س1 : ما المقصود بالقياس؟ عدد اهم ادواته.

س2 : ما فائدة اللوح المستوي؟ وضح اسلوب استخدامه مستعيناً بالرسم.

س3 : بين اهمية ادوات نقل القياس.

س4 : اذكر اهمية استخدام مسطرة قياس العمق، واشرح اسلوب استخدامها.

س5 : ما هي فائدة مدرج القدمه؟ وضح ذلك بالرسم مع ذكر مثال على ذلك.

س6 : اشرح طريقة استخدام قدمه قياس الارتفاع.

س7 : ارسم الماسورة والعروة في المايكرومتر ووضح اسلوب استخدامها لقراءة وحساب بعد ما.

س8 : ما المقصود بالمجموعة المركبة؟ اذكر اهم اجزاء هذه المجموعة مع تحديد البعض من استخداماتها.

س9 : كيف يتم استخدام قوالب القياس المنزلقة؟ وضح ذلك مستعيناً باحد الامثلة.

س10 : ارسم عمود الجيب وبين استخداماً له.

س11 : كيف يتم قياس خشونة السطوح؟

س12 : ما المقصود بالتحديد؟ ولماذا يستخدم الطلاء في التحديد؟

س13 : عدد اهم ادوات التحديد واشرح واحدة منها.

س14 : اشرح مستعيناً بالرسم طريقة تحديد مركز عمود دائري المقطع.

س15 : ما الغرض من استخدام قوالب السطوح؟

س11 : ارسم جهاز فولر واحد المنحنيات التي يتم الحصول عليها باستخدامه.

س12 : ما المقصود بحد الكلال او حد التحمل؟ وكيف يتم تحديده لسبيكة من الفولاذ وسبيكة من الالمنيوم؟

الفصل الثاني
عمليات السباكة
"Casting Processes"

تعتبر السباكة من العمليات القديمة جداً، والمستخدمة في تشكيل المواد (Shaping of materials)، وقد استخدمت اولاً قبل حوالي (6000) سنة، من اجل صنع الحلي ورؤوس السهام النحاسية وغيرها من الادوات. بالامكان تعريف عملية سباكة المواد المعدنية، بانها عملية تشكيل جسم من المعدن ، حيث يصب معدن مصهور في قالب يحتوى على تجويف، فياخذ المعدن المصهور شكل تجويف القالب بعد تجمده، لذا فان شكل المسبوكة (Casting) (منتج عملية السباكة) يتحدد بشكل تجويف القالب. وتجري عملية السباكة غالباً في مكان خاص يسمى بالمسبك (Foundry). فاذا تم كسر القالب (Mould) لاخراج المسبوكة او المسبوكات، فان هذا القالب يسمى بالقالب غير الدائمي (Non - permanent mould) ، كما في عملية السباكة الرملية (sand casting). واذا لم يتم كسر القالب، وتم فتحه لاخراج المسبوكة او المسبوكات، ثم اعادة استعماله لانتاج مسبوكات مشابهه آخرى فان القالب يسمى بالقالب الدائمي (Permanent mould)، كما في عملية السباكة الدائمة بدون ضغط (Non-permanent mould casting).

وتستخدم السباكة بكثرة في انتاج معدات النقل ووسائل

* تطلق كلمة معدن على المواد المعدنية بصورة عامة، فيرجى ملاحظة ذلك في كافة المواضيع التي سيتم التطرق اليها مستقبلاً.

المواصلات والاليات الزراعية والمعدات الميكانيكية المختلفة وغيرها.

1-2 السباكة الرملية (Sand casting)

السباكة الرملية عبارة عن عملية السباكة، والتي تتم في قوالب غير دائمية مصنوعة بالدرجة الاساس من الرمل.

1-1-2 رمل القالب (Mould sand)

رمل القالب يتكون من حبيبات السليكا (Silica particles) والطمي (Clay) والماء. تخلط هذه المكونات مع بعضها فيمتص الطمي معظم الماء ليتحول الى مادة لاصقة تغلف حبيبات السليكا الدقيقة. عند الضغط (Compressing) او الدك (Ramming) لهذه المكونات تلتصق حبيبات السيليكا مع بعضها البعض، لتكسب القالب المصنوع من هذه المكونات مقاومة وصلادة كافية، تمكنه من الثبات امام الظروف المختلفة لعملية السباكة.

2-1-2 النموذج (Pattern)

يضغط رمل القالب او يدك في داخل صندوق خاص يسمى بصندوق القوالب (Moulding box or flask)، حول ما يسمى بالنموذج. يتكون صندوق القولبة من جزئين، الجزء السفلي (Drag) والجزء العلوي (Cope)، شكل (2-2). وعندما تنتهي عملية الضغط خلال مراحل عمل القالب الرملي(Sand mould)، يسحب النموذج، ليترك فجوة في القالب تسمى بالتجويف (Cavity)، وهذا التجويف يملئ بالمعدن المصهور خلال عملية السباكة وبعد ان يتجمد المعدن في هذا التجويف، يتم انتاج المسبوكة .

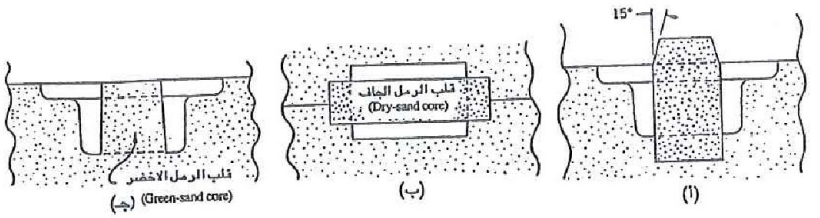
يصنع النموذج اما من الخشب او المعدن او اللدائن، ويراعى ان تكون ابعاده اكبر قليلاً من ابعاد المسبوكة المطلوبة، وذلك بسبب انكماش معظم المعادن عند تجمدها، وهذه الزيادة في الابعاد تسمى بسماح الانكماش (Shrinkage allowance). كما يراعى وضع ميل بسيط في الاسطح الراسية للنموذج لتسهيل عملية اخراج النموذج (قبل صب المعدن المصهور) لتكوين التجويف في القالب، يسمى هذا الميل بسماح الميل (Draft allowance). كما يوضع سماح اخر على اسطح النموذج يسمى بسماح التشغيل (Machining allowance)، حيث يتم تشغيل هذه الاسطح للمسبوكة بعد انتاجها، بعمليات كالخراطة (Turning) او القشط (Shaping) او التجليخ (Grinding)، وذلك لضبط ابعاد المسبوكة وتنعيمها. السماحات السابقة والتي يجب مراعتها، تعتبر من اهم السماحات التي توضع على ابعاد النموذج، والذي يكون شكله العام مشابهاً للمسبوكة المطلوب انتاجها، عدا بعض البروزات والتي توضع من النموذج وتسمى بطبعات القلب (Core prints). وتوضع هذه الطبعات عند صنع النموذج، ليتسنى بواسطتها، تحديد اماكن وضع القلوب(Cores)، بعد ان يسحب النموذج من القالب الرملي. إن الفجوات التي تتركها طبعات القلب، والموجودة اصلاً في النموذج، وبعد سحب هذا الاخير من القالب، تستخدم لاسناد القلوب. اطلق على هذه البروزات في النموذج اسم طبعات او مساند القلب لانها وضعت او اضيفت الى تصميم النموذج لاسناد القلب بواسطة الفجوات التي تتركها، بعد سحب النموذج وذلك قبل عملية الصب (Pouring) شكل (2-2). النماذج تصنع عادة من قطعة واحدة بالنسبة للاشكال البسيطة اما بالنسبة للاشكال الاكثر تعقيداً

فانها تصنع من قطعتين او اكثر.

2-1-3 القلب او اللب (Core)

يستعمل القلب في عملية السباكة من اجل عمل تجويف او ثقب معين في المسبوكة، شكل (2-2). يصنع القلب عادة من الرمل المتكون من حبيبات السليكا النقية ورابط عضوي كزيت الكتان (Linseed oil) او دقيق الذرة النشوي (Starch) بالاضافة للماء.

ويتم تشكيل القلب في صندوق يسمى بصندوق القلب (Core box)، ثم يجفف، بعد تشكيله بالصورة المطلوبة في افران خاصة لزيادة مقاومته وصلادته. تسمى هذه الانواع من القلوب، بقلوب الرمل الجاف (Dry sand cores). كما ان هنالك انواع أخرى من القلوب يتم تصنيعها مباشرة بواسطة النموذج خلال عمل القالب، ومن نفس رمل القالب الرطب، وتسمى هذه القلوب بقلوب الرمل الرطب (Green sand cores)، شكل (2-1).



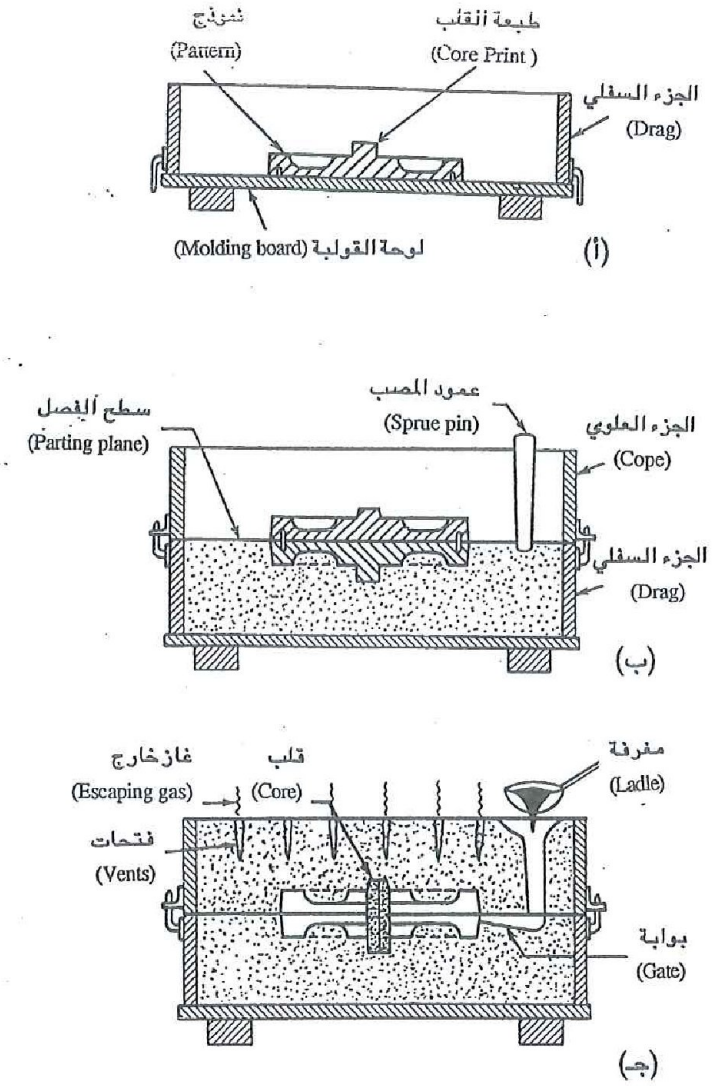
شكل (2-1) أ- قلب عمودي من الرمل الجاف. ب- قلب افقي من الرمل الجاف.
جـ- قلب من الرمل الرطب. لاحظ ان تجويف القالب في (أ) و (جـ) متماثل، كما ان التجويف الذي سيصنعه القلب في المسبوكة المنتجة من (أ) و (جـ) متماثل.

2-1-4 عمل قالب رملي (Making a sand mould)

ان عمل القالب الرملي وتهيئته للصب يحتاج الى الكثير من الخبرة والمهارة، وخاصة عند انتاج المسبوكات المعقدة والقليلة العدد، وتتضمن خطوات عمل القالب الرملي، شكل (2-2)، ما يلي:

أ- عمل الجزء السفلي للقالب (Making the lower part of the mould)

يوضع بصورة مقلوبة الجزء السفلي للنموذج المتكون من قطعتين في هذه الحالة على لوحة خشبية ملساء ومسطحة تسمى بلوحة القالب (Moulding board)، ويوضع حوله بصورة مقلوبة الجزء السفلي لصندوق القولبة (Drag)، شكل (2-2 أ)، ثم يملأ الصندوق برمل القالب. يدك الرمل باداة خاصة تسمى بالمدك (Rammer)، حتى تلتصق حبيبات السليكا بعضها مع البعض الآخر. بعد انتهاء عملية الدك، تجرف الزيادة الموجودة من الرمل، بواسطة حافة قطعة خشبية، لتسويته مع حواف الجزء السفلي للصندوق المقلوب. يقلب هذا الجزء من صندوق القولبة، اي يعاد الى الوضع الاعتيادي، ويوضع، بحيث يكون سطحه والذي تمت تسويته الى الاسفل، على لوحة خشبية تسمى بلوحة القعر (Bottom board)، ولا يشترط في هذه اللوحة ان تكون ملساء ومسطحة كالاولى، وذلك لان واجبها اسناد القالب خلال عملية الصب. بعد قلب الجزء السفلي لصندوق القولبة، ينظف السطح الذي كان في تماس مع لوحة القالب من الرمل، الذي قد يكون عالقاً عليه، ويسمى هذا السطح بسطح الفصل (Parting surface)، ويرش على هذا السطح رملاً جافاً ناعماً، ليمنع هذا الرمل الجاف التصاق رمل الجزء السفلي مع رمل الجزء العلوي والذي سيتم عمله في الخطوة التالية.



شكل (2-2) عمل قالب رملي لصنع مسبوكة معدنية.

ب- عمل الجزء العلوي للقالب

(Making the upper part of the mould)

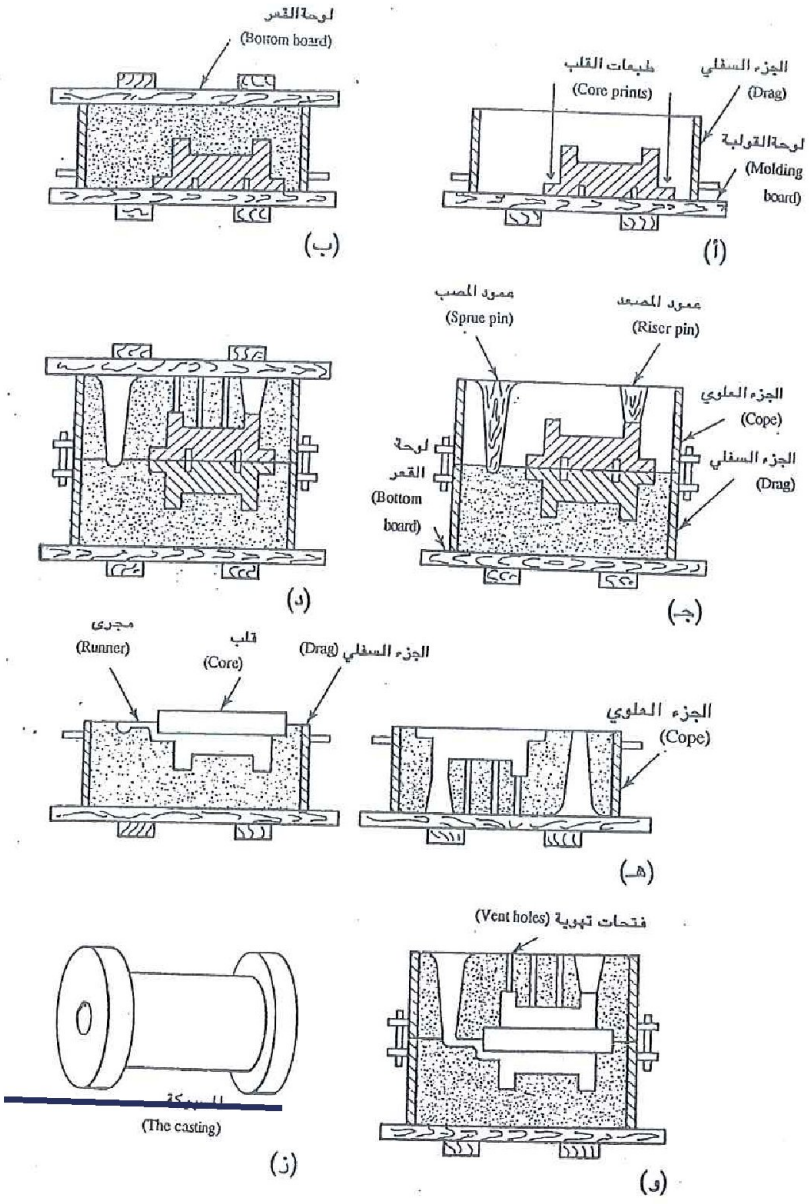
يثبت الجزء العلوي للنموذج فوق الجزء السفلي بالاستعانة بثقوب واصابع التثبيت، والتي توضع في النموذج لتسهيل تثبيت اجزائه مع بعضها، كما يوضع الجزء العلوي لصندوق القولبة فوق جزئه السفلي بالاستعانة بثقوب واصابع الدلالة الموجودة على جوانب صندوق القالب. يملأ هذا الجزء من صندوق القالب بالرمل ويوضع عمود مسلوب (Taper) من الخشب او المعدن والذي يمثل المصب في المكان المناسب للصب، شكل (2-2ب). ويستخدم لانتاج بعض المسبوكات الاخرى عموداً مسلوباً آخراً يمثل المصعد (Riser)، شكل (2-3جـ).

جـ- تكملة القالب الرملي (Completing the sand mould)

يرفع الجزء العلوي للقالب الرملي ويوضع على احد جوانبه لسحب عمود المصب، وعمود المصعد، ويشكل حوض الصب (Pouring basin) باعلى التجويف الذي تركه عمود المصب. يوضع الجزء العلوي للقالب الرملي على لوحة القالب (التي استعملت في بداية عمل القالب)، بصورة مقلوبة. يتم رفع اجزاء النموذج بعد النقر عليها بحرص شديد باستخدام سلك خاص مدبب، يغرس في خشب إجزاء النموذج. ثم يفتح مجرى مناسب، بين التجويف الذي تركته اجزاء النموذج بعد سحبها من القالب، وبين الاثر الذي تركه عمود المصب على الجزء السفلي للقالب الرملي، عند تثبيته في بداية عمل الجزء العلوي من القالب. يعمل هذا المجرى على ايصال المعدن المصهور، من القناة التي تركها عمود المصب بعد سحبه من الجزء العلوي

للقالب، الى تجويف القالب الرملي. ثم يوضع القلب، ان كانت المسبوكة المطلوب انتاجها تحتوي على تجويف (وذلك يعني عدم استخدام القلب عند سباكه مسبوكه لا تحتوي على تجويف)، في المكان المحدد بطبعات القلب. يعاد وضع الجزء العلوي للقالب الرملي على جزئه السفلي، وتوضع اثقال مناسبة على سطح الجزء العلوي للقالب الرملي، ليتمكن من مقاومة الضغط الهايدروستاتيكي (Hydrau - static pressure) للمعدن المصهور، والذي قد يسبب في ازاحة الجزء العلوي للقالب من مكانه اثناء عملية الصب، وبذلك يصبح القالب الرملي معداً لعملية الصب.

الشكل (2-3) يبين الخطوات التي تم توضيحها اعلاه عند انتاج مسبوكة ثانية غير المسبوكة السابقة، لاحظ وجود مصعد وقلب رمل جاف افقي، بينما في الشكل (2-2) لا يوجد مصعد والقلب المستخدم هو من النوع العمودي، ولاحظ ثقوب خروج الغازات في قوالب كلا المسبوكتين .



شكل (2-3) عمل قالب رملي لانتاج مسبوكة معدنية أخرى.

5-1-2 البوابات والمصاعد (Gates and risers)

المجرى الذي ينقل المعدن المصهور الى تجويف القالب يتكون من عدة اجزاء، شكل (2-4)، اهمها:

أ- حوض الصب (Pouring basin)

عبارة عن حوض في اعلى الجزء العلوي للقالب يصب المعدن المصهور فيه.

ب- قناة المصب (Sprue)

عبارة عن قناة، تكون عمودية ومسلوبة الشكل تنقل المعدن المصهور بتاثير الجاذبية من حوض الصب إلى مجرى الصب او الى البوابة.

جـ- مجرى الصب (Runner)

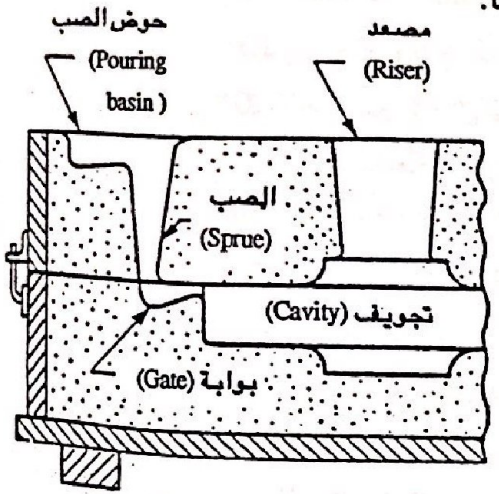
يستخدم هذا المجرى في المسبوكات الكبيرة لتوزيع المعدن المصهور على عدة بوابات.

د- البوابة (Gate)

ترتبط البوابة من جهة بتجويف القالب ومن جهة أخرى باسفل قناة المصب او بمجرى الصب بالنسبة للمسبوكات الكبيرة، وفي العادة تعمل بوابة واحدة للمسبوكات الصغيرة وعدة بوابات للمسبوكات الكبيرة.

اما المصاعد (Risers) فهي عبارة عن تجاويف كبيرة نسبياً، توضع أعلى المقاطع الكبيرة للمسبوكة، وذلك ليبقى المعدن فيها منصهراً أطول فترة ممكنة، وبالطبع المصاعد تمتليء أصلاًبالمعدن المصهور عن طريق البوابة او البوابات. تغذي المصاعد هذه المقاطع الكبيرة من المسبوكة بالمعدن المصهور، والتي تتعرض عادة لانكماشات (Shrinkages) بنسب عالية، خلال التجمد، والتي قد يصعب تغذية هذه المقاطع بالمعدن المصهور من البوابة

الرئيسية . كما تعمل المصاعد كمنافذ كبيرة لخروج الغاز والابخرة خلال عملية الصب، وكذلك تتجمع فيها الشوا الخفيفة نسبياً.



شكل (2-4) قالب رملي يلاحظ فيه حوض الصب، قناة المصب، البوابة والمصعد.

6-1-2 صهر المعادن (Melting of metals)

يمكن صهر المعادن في أنواع كثيرة من الافران (urnaces) وان عملية اختيار نوعية فرن الصهر والذي يجب استخدا بكفاءة تعتمد على الكثير من العوامل التي من اهمها ما يلي

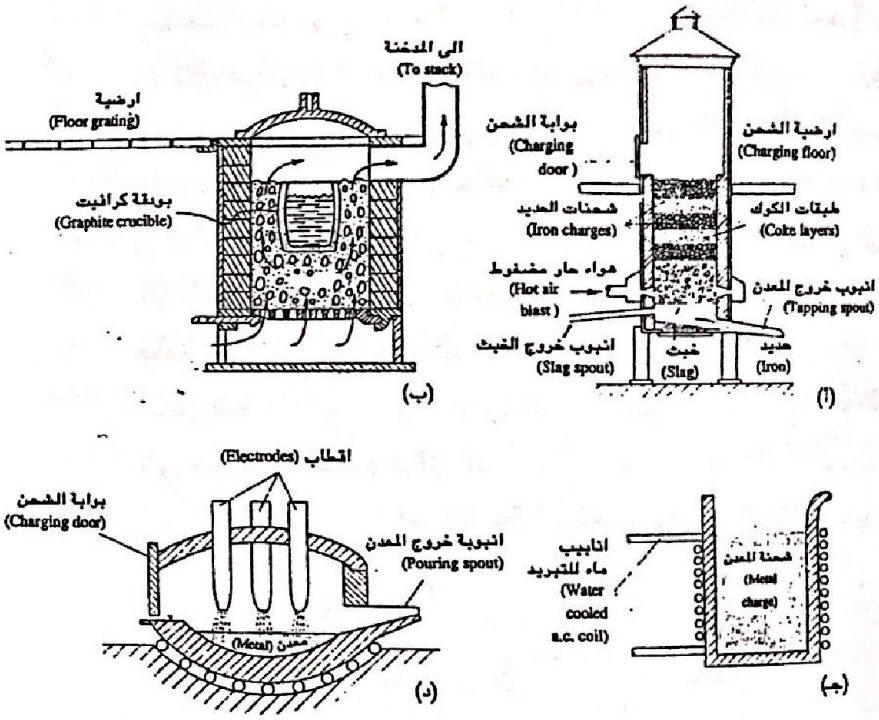
أ- نوعية المعدن المصهور.

ب- كمية المعدن المصهور.

جـ- درجة نقاوة المعدن المطلوبة بعد عملية الصهر.

د- كلفة صهر المعدن في الفرن.

Scanned with CamScanner



شكل (2-5) أ- فرن الدست، ب- فرن بودقي

جـ- فرن الحث الكهربائي د- فرن القوس الكهربائي.

وجميع افران الصهر المستخدمة في المسبك (Foundry)، تغلف من الخارج بصفائح سميكة من الفولاذ، ومن الداخل ببطانة (Lining) من مواد ذات درجات انصهار عالية، وكذلك تجهز بوسائل لتسهيل عملية الشحن (Charging)، والصب (Pouring) واعمال الصيانة.

واهم الافران الصهر المستعملة في المسبك، شكل (2-5)، هي:

أ- افران الدست (Cupola furnaces)

ب- الافران البودقيه (Crucible furnaces)

جـ- افران الحث الكهربائي (Electrical induction furnaces)

د- افران القوس الكهربائي (Electrical arc furnaces)

7-1-2 صب المعدن المصهور (Pouring of molten metal)

ينقل المعدن المصهور من الفرن الى مكان القالب لاجراء عملية الصب، بواسطة اواني خاصة تسمى بالمغارف (Ladles)، او البوادق (Crucibles)، ويتم حمل هذه الاواني يدوياً اذا كانت صغيرة، او باستخدام رافعة ميكانيكية اذا كانت كبيرة الحجم. تصنع هذه الاواني او تبطن بمواد ذات درجات انصهار عالية.

وهنالك الكثير من العوامل التي يجب مراعاتها عند اجراء عملية الصب (Pouring). فمن الضروري التقليل من اضطراب المعدن المصهور اثناء عملية الصب، لان ذلك يؤدي الى التاكسد السريع للمعدن، او الى تهدم او تعرية بعض الجدران الداخلية لحوض الصب او قناة المصب او البوابة او تجويف القالب الرملي. كما انه من الضروري التحكم في درجة حرارة المعدن المصهور عند صبه في القالب الرملي، وذلك لان الحرارة المرتفعة، قد تسبب في صهر رمل القالب، والحرارة المنخفضة قد تؤدي الى التجمد المبكر للمعدن، اثناء سريانه خلال مجاري وقنوات وتجاويف القالب، مما يمنع من امتلائها تماماً بالمعدن المصهور او حتى من وصول المعدن المصهور لبعض اجزاء التجويف.

Scanned with CamScanner

8-1-2 تنظيف المسبوكات (Cleaning of castings)

بعد تجمد المعدن المصهور في داخل القالب الرملي يكسر او يحطم القالب لاخراج المسبوكة. ان عملية تنظيف هذه المسبوكة تشمل ازالة الرمل الملتصق بها، وفصل المصبات والمصاعد والزوائد الرقيقة (Flashes) عنها. وقد تتضمن عمليات التنظيف كذلك مقداراً معيناً من عمليات التشغيل كالخراطة والقشط والتجليخ. يزال الرمل عن المسبوكات باستخدام فرشاة مصنوعة من اسلاك الفولاذ، او تقذف بسرع عالية بكريات صغيرة من الفولاذ المقسى أو بالرمل او الحصى باستخدام معدات ميكانيكية خاصة.

اما الزوائد كالمصبات والمصاعد وغيرها، فتفصل باستخدام المطارق او المناشير اليدوية او الآلية، او باستخدام الشعلة الاوكسي – استيلنية. بعد ازالة الرمل العالق على سطح المسبوكات ومن ثم قطع الزوائد، تنقل المسبوكات الى المشاغل (Workshops) لتشغيل بعض اسطحها ان كان ذلك مطلوباً.

وتستخدم عملية السباكة الرملية في انتاج هياكل المكائن (Machine frames)، وهياكل المضخات (Pump housings)، وكتل الاسطوانات (Cylinder blocks) في مكائن الاحتراق الداخلي، ومراوح السفن (Ship propellers)، ونواقيس الكنائس (Church bells) وغيرها من المنتجات.

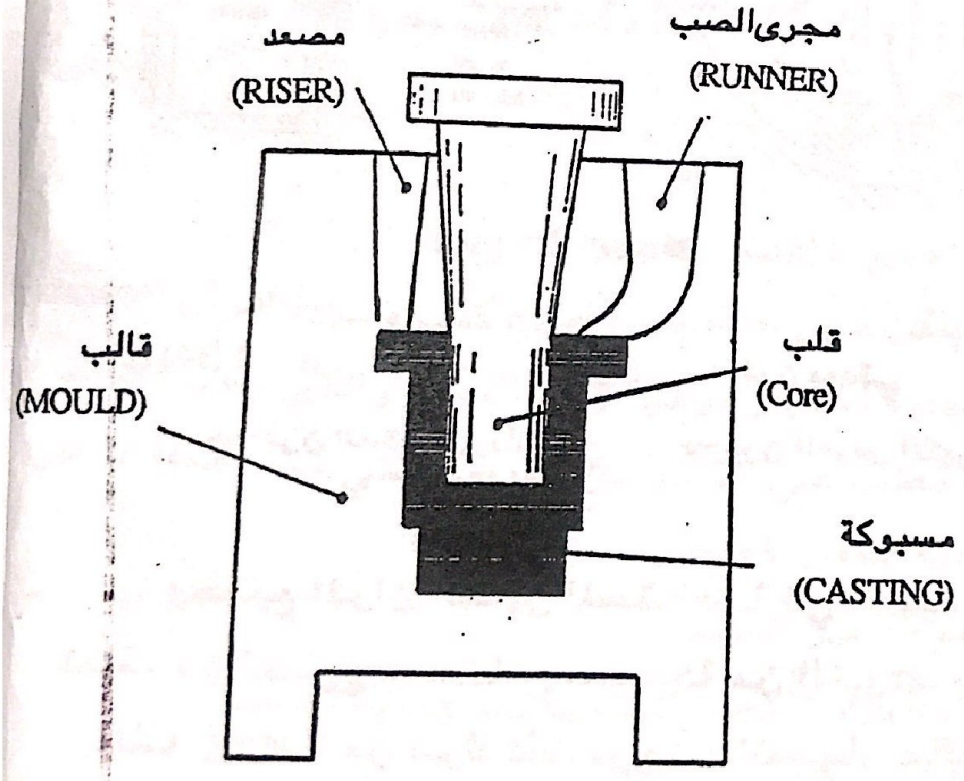
2-2 السباكة في قوالب دائمية بدون ضغط

(Non-pressure permanent mould casting)

تستخدم هذه الطريقة من السباكة، عندما يكون عدد المسبوكات كبير، حيث يتم صنع القالب من الفولاذ او حديد

Scanned with CamScanner

الصب، ويستعمل القالب الدائمي في انتاج الالاف من المسبوكات، وبالامكان استخدام قلوب من الرمل او المعدن لانتاج التجاويف في مسبوكات السباكة في قوالب دائمية بدون ضغط، شكل (2-6). يصنع القالب من جزئين، يتم فتحهما لاخراج المسبوكة، وتغلق هذه الاجزاء يدوياً او ميكانياً، وخلال عملية السباكة، يغلق القالب باحكام بواسطة ماسكات (Clamps) خاصة وتجويف القالب المعدني يصنع بواسطة عمليات التشغيل أو (و التشكيل تتمتع منتجات هذه الطريقة بنعومة سطوحها بالمقارنة بمنتوجات السباكة الرملية. ومن منتجات هذ الطريقة المكابس (Pistons) وغطاء الاسطوانات (Cylinder heads في مكائن الاحتراق الداخلي، وبعض اجزاء المجمدات (Refrigerators)، والقطع الاولية لصنع التروس (Gears) وغيرها.



شكل (2-6) القالب واجزائه الرئيسية، المستخدمة في عملية السباكة ف قوالب دائمية بدون ضغط.

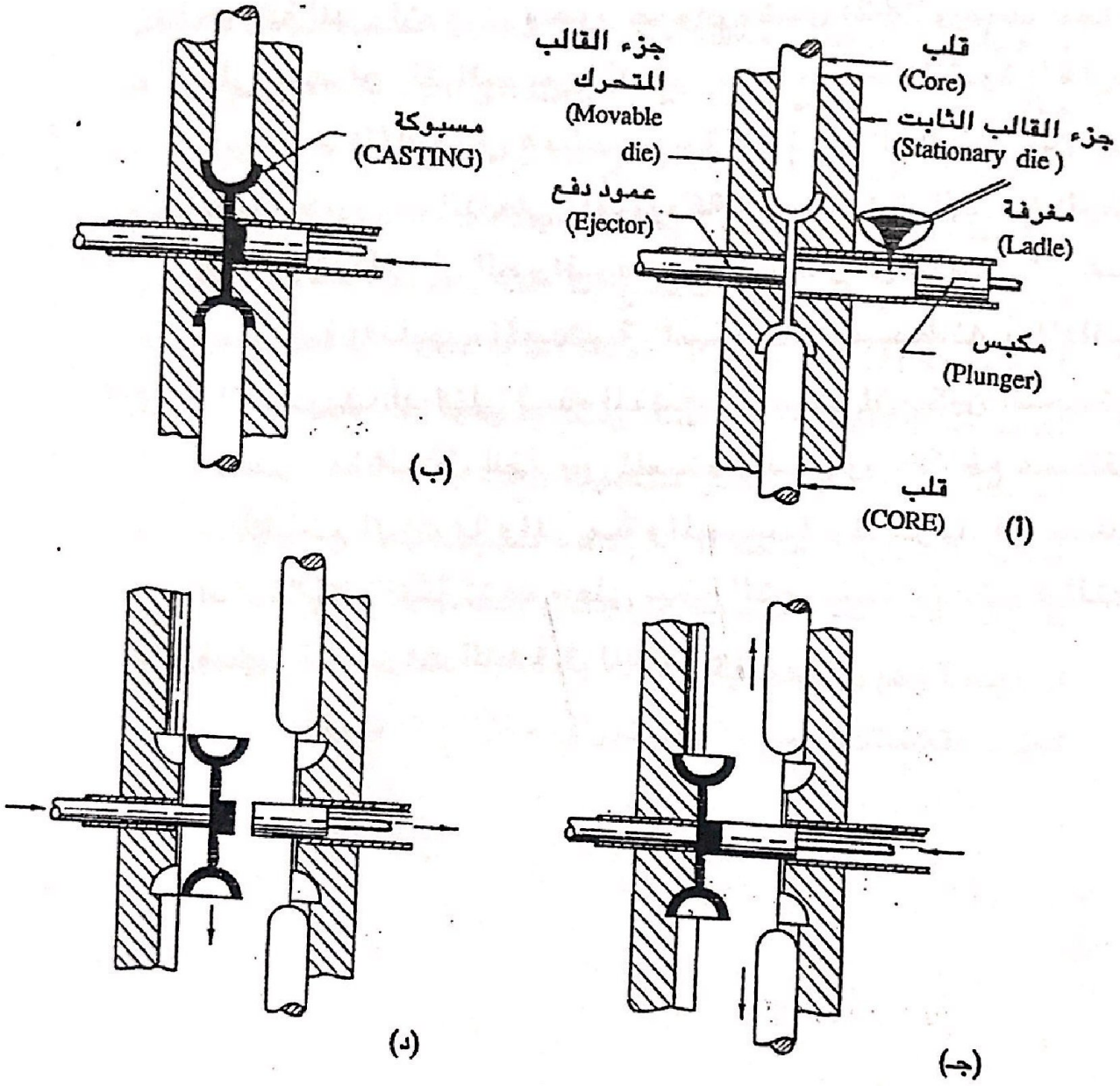
Scanned with CamScanner

3-2 السباكة في قوالب دائمية بالضغط

(Pressure die casting)

تستخدم في هذه الطريقة قوالب معدنية دائمية، مصنوعة من جزئين، تغلق وتفتح ميكانيكياً، لذلك فان هذه الطريقة تعتبر سريعة بالمقارنة بالطريقة السابقة. ومن اجل عمل التجاويف في المسبوكات تستخدم قلوب من المعادن. الملاحظ من الشكل (2-7) بان المعدن المصهور يضغط الى داخل تجويف القالب بواسطة مكبس يتحرك في داخل اسطوانة ، بعد امتلاء تجويف القالب وتجمد المعدن المصهور السريع، يفتح القالب وتدفع المسبوكة الى الخارج بواسطة عمود دفع (Ejector). وبسبب الضغط المسلط فبالامكان انتاج مسبوكات بمقاطع او جدران رقيقة، كهياكل (Frames) مبخرات البنزين (Carburetors) ومضخات الوقود (Fuel pumps) واللعب (Toys) وغيرها.

Scanned with CamScanner

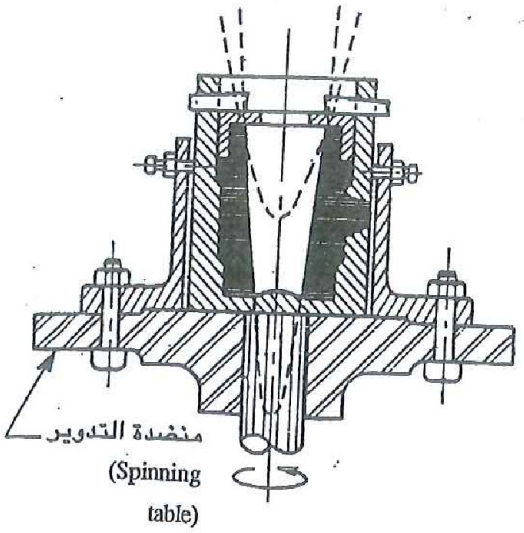


شكل (2-7) السباكة في قوالب دائمية بالضغط.

Scanned with CamScanner

4-2 السباكة بالطرد المركزي (Centrifugal casting)

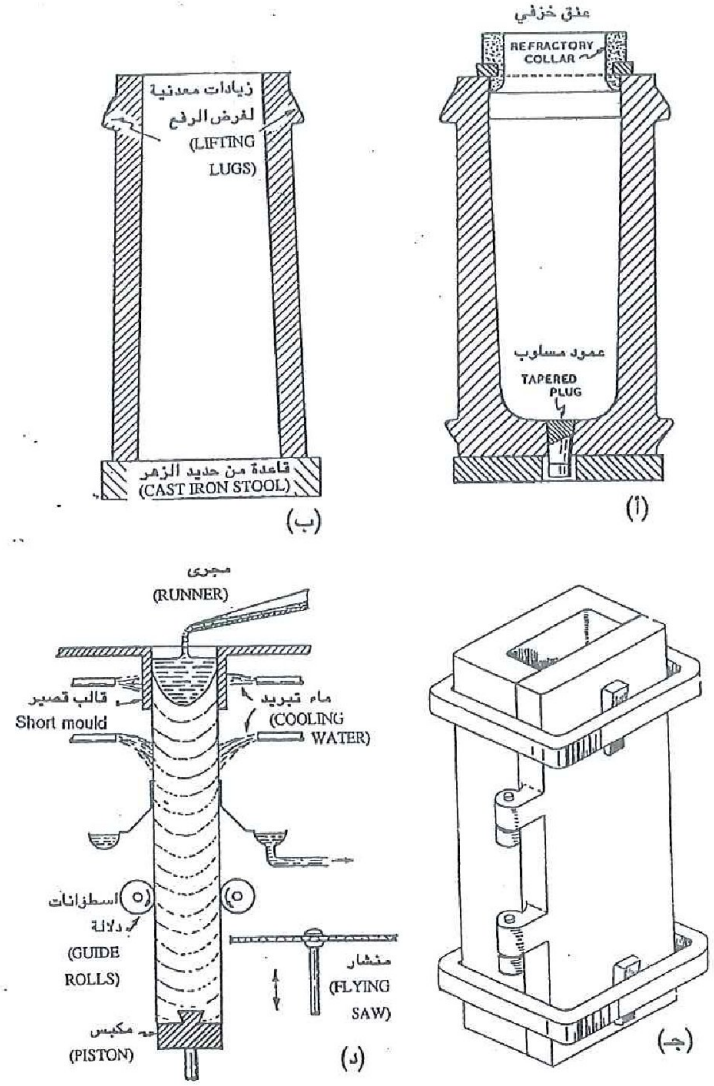
عبارة عن عملية صب معدن مصهور في قوالب تدور حول محور عمودي او محور افقي. ويستخدم الدوران حول محور افقي، عندما يكون طول المنتج اكبر من قطره وبعكسه تستخدم طريقة الدوران حول محور عمودي، شكل (2-8). ويمسك المعدن على جدران القالب لحين التجمد بواسطة القوة الطاردة المركزية، لذلك ليس هنالك حاجة لاستعمال القلب، من اجل صنع التجويف الداخلي للمسبوكة. وتصنع القوالب من الرمل او من المعادن او الجرافيت (Graphite). ومن منتجات هذه الطريقة الانابيب المعدنية واسطوانات (سبطانات) المدافع. والتجويف الداخلي لهذه المنتجات، يجب ان يكون اسطواني الشكل، اما الشكل الخارجي للمنتج فقد يكون بمقاطع مختلفة كالمقاطع الدائرية والمربعة والمسدسة وغيرها. ان معظم الشوائب الخفيفة تتجمع على سطح التجويف وبالامكان ازالتها بسهولة بعمليات التشغيل المختلفة.



شكل (2-8) السباكة بالطرد المركزي باستخدام طريقة الدوران حول المحور العمودي.

5-2 المسبوكات الاولية والسباكة المستمرة
(Ingots and continuous castings)

عند انتاج المواد المعدنية (Production of metals) في الافران او المحولات، تكون في الحالة السائلة، لذلك فانها تصب في قوالب كبيرة الحجم نسبياً، لتسهيل التعامل مع هذه المواد المعدنية ونقلها من مكان الى آخر. والمسبوكات الناتجة من هذه القوالب تسمى بالمسبوكات الاولية (Ingots). وتستعمل قوالب دائمية من المعدن او الكرافيت بحجوم ومقاطع مختلفة لانتاج هذه المسبوكات الاولية. فالقوالب المسلوبة الشكل، المبينة في الشكل (2-9 أ) و (2-9 ب)، تستخدم في انتاج المسبوكات المعدنية الحديدية الاولية، اما القالب المبين في الشكل (2-9 جـ) فيستخدم في انتاج المسبوكات المعدنية غير الحديدية الاولية .



شكل (2-9) أ، ب- قوالب دائمة مسلوبة الشكل تستخد للمسبوكات الاولية الحديدية.
جـ- قالب دائمي يستخدم للمسبوكات الاولية غير الحديدية.
د- السباكة المستمرة.

تعتبر عملية انتاج المسبوكات الاولية، عملية سباكة في قوالب دائمية بدون ضغط. وهنالك طريقة سباكة أخرى تستعمل لانتاج المسبوكات الاولية بصورة سريعة، هذه العملية يطلق عليها السباكة المستمرة (Continuous casting). وتتلخص هذه العملية بصب معدن مصهور بصورة مستمرة في داخل قالب دائمي مفتوح من الجهة العليا والجهة السفلى. يتجمد المعدن المصهور خلال وجوده في القالب الدائمي المبرد ويسحب بواسطة درافيل سحب (Drawing rolls) باستمراز الى الاسفل، شكل (2-9 د). ان شكل مقطع القالب يحدد الشكل الخارجي للمسبوكة المنتجة بهذه الطريقة، كما بالامكان الحصول على هذه المسبوكات بالاطوال الملائمة، وذلك بقطعها بعد تجوازها درافيل السحب، بواسطة منشار متحرك (Flying Saw)، حسب الاطوال المطلوبة، بدون الحاجة الى ايقاف عملية السباكة. وتستخدم طريقة السباكة المستمرة في انتاج المسبوكات الاولية للمعادن الحديدية وغير الحديدية بمقاطع واطوال مختلفة، وهذه الطريقة تعتبر اقتصادية لسرعة واستمرارية انتاج المسبوكات الاولية.

«اسئلة»

س1 : ما المقصود بعملية السباكة؟ وما هي اهم انواعها؟

س2 : ما هو النموذج؟ ولماذا يستخدم؟ بين الاختلافات الاساسية بينه وبين المسبوكة المنتجة بعملية السباكة الرملية.

س3 : لماذا يستخدم القلب في عملية السباكة؟ وما هي اهم انواعه؟

س4 : اشرح اهم الخطوات اللازمة والمستخدمة في سباكة :

أ- كرة معدنية.

ب- اسطوانة قصيرة مجوفة سميكة الجدران.

س5 : عدد اهم الاجزاء التي تستخدم في نقل المعدن المصهور الى تجويف القالب في السباكة الرملية، ووضح وظيفة كل جزء.

س6 : اذكر اهم واجبات المصعد في عملية السباكة الرملية.

س7 : ما هي العوامل التي تؤثر على اختيار فرن الصهر؟ وما هي اهم الافران في المسبك ؟.

س8 : اشرح باختصار ما يلي:

أ- صب المعدن المصهور في القالب الرملي.

ب- تنظيف المسبوكات المنتجة بعملية السباكة الرملية.

س9 : اشرح مستعيناً بالرسم العمليات التالية:

أ- السباكة في قوالب دائمية بدون ضغط.

ب- السباكة بالطرد المركزي.

س10 : اذكر اربعة نقاط لمقارنة السباكة في قوالب دائمية بدون ضغط مع السباكة في قوالب دائمية بالضغط.

س11 : ارسم خطوات عملية السباكة في قوالب دائمية بالضغط، موضحاً هذه الخطوات على الرسم.

س12 : ما الفرق بين المسبوكة والمسبوكة الاولية؟

س13 : اشرح عملية السباكة المستمرة مستعيناً بالرسم.

س14 : ما هي اهم مزايا استخدام السباكة المستمرة لانتاج المسبوكات الاولية؟

س16 : ارسم سنبك المركز واذكر استخداماته.

س17 : ما الغرض من استخدام فرجال التقسيم؟

الفصل الخامس
عمليات تشغيل المعادن
"Metal Machining Proceses"

الغاية الرئيسة من تشغيل المعادن، هو الحصول على بعض أجزاء المنتجات بالأبعاد والأشكال الهندسية المطلوبة، ويتم هذا أساساً بإزالة طبقات من المعدن باستخدام اداة تسمى بأداة القطع (Cutting tool). يطلق على الطبقات المزالة من سطح المعدن بالرايش (Chip). والتشغيل اذا تم باستخدام عدد يدوية (Hand tools) سمي بالتشغيل اليدوي، أما إذا تم التشغيل باستخدام المكائن (Machine tools) سمي بالتشغيل بواسطة المكائن الآلية. وفي هذا الفصل سيتم التطرق الى التشغيل بواسطة العدد اليدوية اولاً ومن ثم الى التشغيل بواسطة المكائن الآلية ثانيا.

التشغيل بواسطة العدد اليدوية
(Machining by hand tools)

هنالك الكثير من عمليات التشغيل التي يمكن القيام بها باستخدام عدد تشغيل يدوية بسيطة، ولكي تكون عملية التشغيل اليدوي ناجحة، لا بد من توفر شروط معينة أهمها :

1- اختيار العدة اليدوية المناسبة لعملية تشغيل معينة.

2- ان تمتاز العدة اليدوية المختارة بخواص ميكانيكية تؤهلها لإنجاز عملية التشغيل المطلوبة، فعلى سبيل المثال، لا بد أن تكون صلادة العدة اليدوية أعلى من صلادة القطعة المعدنية المراد تشغيلها.

3- تحديد وتأشير الأبعاد المطلوبة بصورة صحيحة على القطعة المراد تشغيلها.

4- تنظيم خطوات العمل بالتسلسل الصحيح.

1-5 البرادة (Filing)

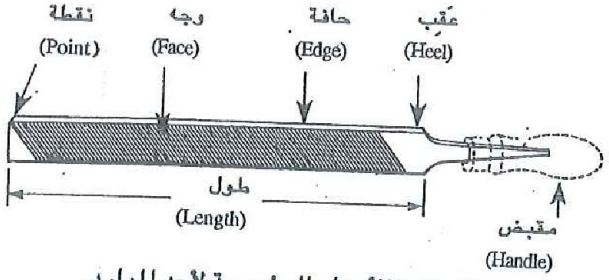
في عملية البرادة تستخدم عدة معدنية مصنوعة من الفولاذ العالي الكاربون (High carbon steel)، تحتوي على سلسلة من الأسنان (Teeth) الصغيرة، وتسمى هذه العدة بالمبرد (File). تقوم اسنان المبرد بقطع أو أزالة طبقات رقيقة من سطح القطعة المطلوب برادتها، فيتكون نتيجة لهذه العملية رايش ناعم نسبياً. لذا فإن عملية البرادة تعتبر من العمليات البطيئة والدقيقة، والتي بالإمكان باستخدامها السيطرة والتحكم في دقة الأبعاد المطلوبة.

تستعمل عملية البرادة بشكل واسع في اعداد الأجزاء المعدنية المستخدمة في مختلف القوالب، لما تتمتع به هذه العملية من دقة في الانجاز، وكذلك في اعداد الوصلات (Joints) لعمليات اللحام وفي تنظيف المسبوكات المعدنية وغيرها من الاستعمالات الهامة.

1-1-5 المبارد وأنواعها (Files & types of files)

تصنع المبارد من فولاذ عالي الكاربون، حيث تصل نسبة الكاربون لحوالي (1.2%)، وتتم تقسية او تصليد (Hardening) هذه المبارد من أجل الحصول على اسنان ذات صلادة عالية، تستطيع برادة المواد المختلفة كالفولاذ الطري (Mild steel) وحديد الصب (Cast iron) والبراص (Brass)، والشكل (1-5) يوضح

الأجزاء الرئيسية لأحد المبارد.



شكل (1-5)الأجزاء الرئيسية لأحد المبارد.

وتصنف المبارد الى انواع عديدة استناداً إلى ما يلي:

1 - عدد الاسنان (Number of teeth)

إن عدد اسنان المبرد في وحدة الطول (السنتمتر الواحد عادة) تعتبر كمقياس لخشونة أو نعومة المبرد، واستناداً لذلك فإن المبارد تقسم الى :

أ- المبرد الخشن (Coarse file): تتراوح عدد الاسنان في السنتمتر الواحد في هذا المبرد بين (5-13) سن ويرمز له عادة بالرقم (1).

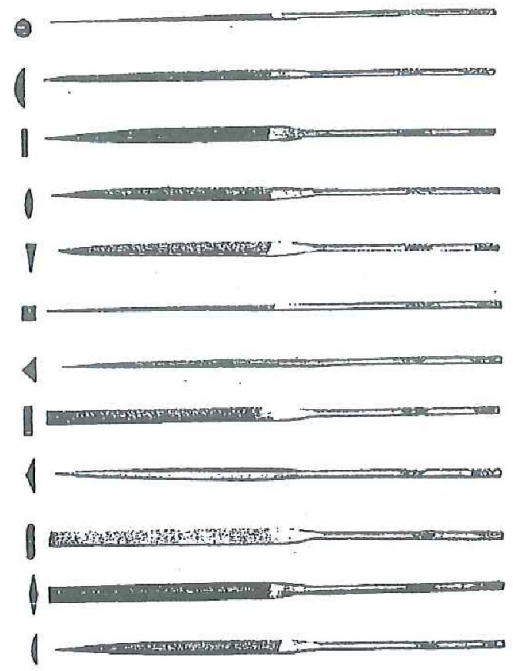
ب-المبرد المتوسط النعومة (Medium smooth file): تتراوح عدد الاسنان في السنتمتر الواحد بين (13-25) سن، ويرمز له عادة بالرقم (2) .

جـ- المبرد الناعم (Smooth file): عدد الاسنان في هذا المبرد يتراوح بين (25-80) سن في السنتمتر الواحد، ويرمز له بالارقام (3), (4), (5), (6) وذلك حسب درجة النعومة.

2- المقاطع (Sections)

تختلف مقاطع المبارد وأحجامها وذلك حسب طبيعة

الاستعمال، فمثلاً المبرد المربع يستخدم في برادة الثقوب والقنوات المربعة، بينما يستخدم المبرد المثلث لبرادة الزوايا الداخلية والثقوب المثلثة الشكل أو ذات الزوايا الحادة، والمبرد المستدير يستعمل لبرادة الثقوب الدائرية والسطوح المستديرة، بينما يستخدم المبرد النصف دائري في برادة السطوح المقعرة، والشكل (5-2) يبين عدد من المبارد بمقاطع مختلفة.



شكل (5-2) عدد من المبارد بمقاطع مختلفة.

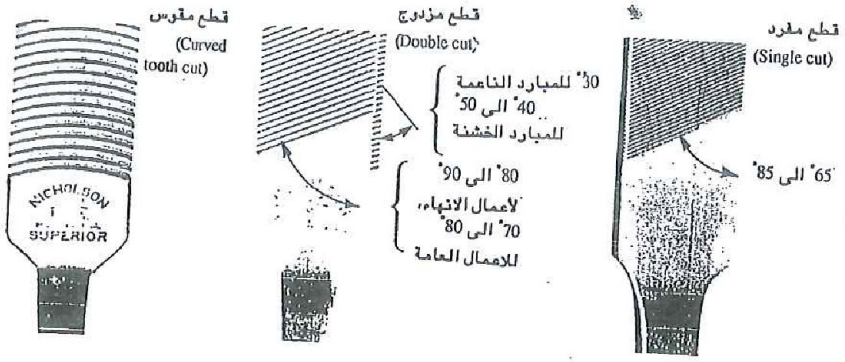
3- اسنان القطع (Cutting teeth)

بالامكان تقسيم المبارد وذلك حسب طبيعة اسنان القطع الموجودة فيها، شكل (5-3)، الى :

أ- المبرد ذو القطع المفرد (Single cut file) : وتكون فيه اسنان القطع منتظمة على خطوط عرضية متوازية على المبرد، وتميل بزاوية مقدارها (65° - 85°).

ب- المبرد ذو القطع المزدوج (Double cut file) : وهو يحتوي على سلسلتين من الاسنان العرضية المتوازية على المبرد، السلسلة الأولى تميل بزاوية تتراوح بين (30° -45°)، أما السلسلة الثانية فتميل بزاوية تتراوح بين (70° -90°) .

ج- المبرد ذو القطع المقوس (Curved tooth cut): ويحتوي على سلسلة متوازية من الاسنان المقوسة المنتظمة على عرض المبرد.



شكل (5-3) تقسيم المبارد حسب اسنان القطع.

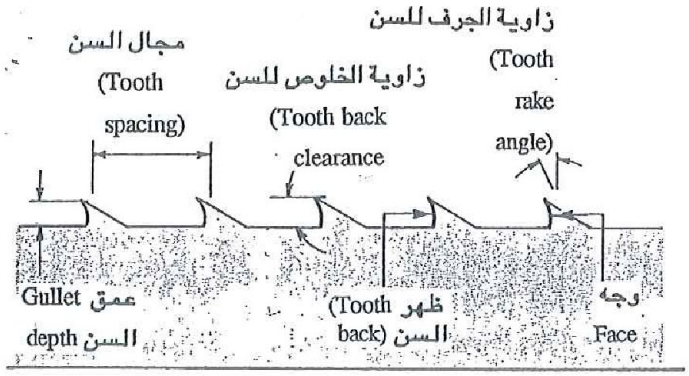
أ- مبرد ذو قطع مفرد.

ب- مبرد ذو قطع مزدوج.

جـ- مبرد ذو قطع مقوس.

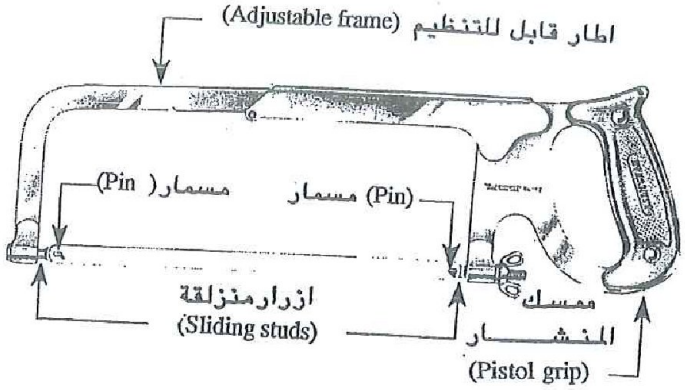
2-5 النشر (Sawing)

في عملية النشر تستخدم عدة معدنية مصنوعة من فولاذ العدد العالي الجودة (High-grade tool steel) أو الفولاذ السبائكي (Alloy steel) المحتوي على التنكستين (Tungsten) أو المولبدنيوم (Molybdenum). تسمى هذه العدة بالشفرة (Blade) وتحتوي على عدد من الاسنان، وعدد هذه الاسنان في وحدة الطول تحدد درجة نعومة أو خشونة الشفرة، شكل (5-4).



شكل (5-4) شكل الاسنان في الشفرة

تثبت الشفرة على هيكل المنشار (Saw frame). وهذه الهياكل اما ان تكون ثابتة غير قابلة للتنظيم (Nonadjustable frame)، وبذلك تكون أطوال الشفرات التي تثبت على هذه الانواع من المناشير ثابتة الاطوال، أو أن تكون متغيرة قابلة للتنظيم (Adjustable frame) ، شكل (5-5). وبذلك فإن أطوال الشفرات التي تثبت على هذه الأنواع من المناشر تكون متغيرة الاطوال.



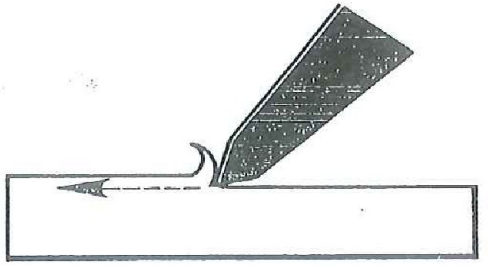
شكل (5-5)منشار متغير قابل للتنظيم (Adjustable).

وفي عمليات النشر اليدوي تتراوح سرعة النشر بين (40-50) مشوار (Stroke) في الدقيقة. تعتمد القوة المستعملة في النشر على الخبرة، حيث من الضروري تسليط ضغط كافي في مشوار القطع الأمامي (Forward stroke) للسماح للأسنان بنشر أو قطع المادة. أما في مشوار الرجوع (Return stroke) فإن الضغط يزال وترفع الشفرة من الشغلة (Work) قليلاً، لمنع اسنان الشفرة من الاصطدام مع السطوح التي تم نشرها أو قطعها. ومن الواجب مسك الشغلة بواسطة الملزمة (Vise) بصورة ملائمة وجيدة وثابتة، لمنع تحركها خلال عملية النشر، لأن تحرك الشغلة قد يؤدي الى كسر شفرة المنشار.

3-5 القطع بالازاميل (Chiseling)

الازاميل (chisel) عبارة عن عدة يدوية قاطعة، تستعمل لإزالة طبقات رقيقة من سطوح القطع المعدنية، وعند استخدام هذه الأزاميل يتم طرق نهايتها أو رؤوسها العليا بواسطة مطارق. نتيجة لهذه الطرق تقوم حافاتها القاطعة بإزالة المعدن،

شكل(5-6). تعتبر عملية القطع بالازاميل من عمليات التشغيل، التي تفتقر الى الدقة، لذلك فإن استعمالها يقتصر على الاعمال التي لا تتطلب الدقة العالية في الانجاز.

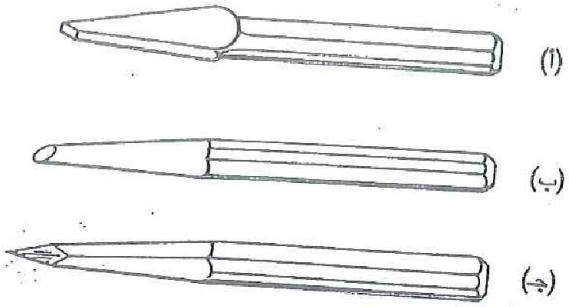


شكل (5-6) ازميل خلال عملية القطع.

من الملاحظات الهامة حول كيفية استعمال الأزاميل هي تحديد زاوية ميل الازميل على سطح القطعة قيد التشغيل (زاوية الميل هي الزاوية المحصورة بين المحور الطولي للإزميل وسطح الشغلة). إن هذه الزاوية يجب أن يتراوح مقدارها بين (30° -40°)، حيث انها اذا زادت عن ذلك فإن الازميل سوف يغوص في داخل القطعة فتصعب بذلك عملية القطع، أما إذا كانت الزاوية صغيرة فإن الازميل سوف ينزلق على سطح القطعة المراد تشغيلها.

وهنالك انواع متعددة من الازاميل ، شكل (5-7). أهم هذه الأزاميل هي:

أ- الازاميل ذات حافة القطع الضيقة (Cape chisel): وتستعمل هذه الأزاميل في عمليات فتح المجاري أو القنوات القليلة العرض.



شكل (5-7) أنواع من الأزاميل .

أ- ازميل ذو حافة قطع ضيقة.

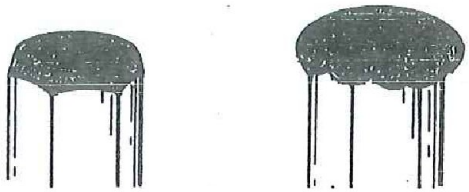
ب- ازميل ذو حافة قطع مستديرة.

جـ- ازميل ذو حافة قطع ماسية.

ب- ازاميل ذات حافة قطع مستديرية (Round - nose): وتستخدم في فتح قنوات التزييت ذات المقطع الدائري.

جـ- ازاميل ذات حافة قطع ماسية (Diamond - point): وتستعمل عادة لتحديد اركان الزوايا الداخلية ولعمل المجاري والقنوات المربعة أو المثلثة المقطع.

تصنع الأزاميل من الفولاذ العالي الكاربون(1.0-1.4%): المقسى او المصلد، كما يجب أن يتم تجليخ رأس الازميل بين فترة وأخرى، وذلك لمنع تطاير شظايا من هذه المنطقة خلال طرقه بالمطرقة، شكل (5-8)، وليتم تفادي الحوادث الناجمة عن ذلك.



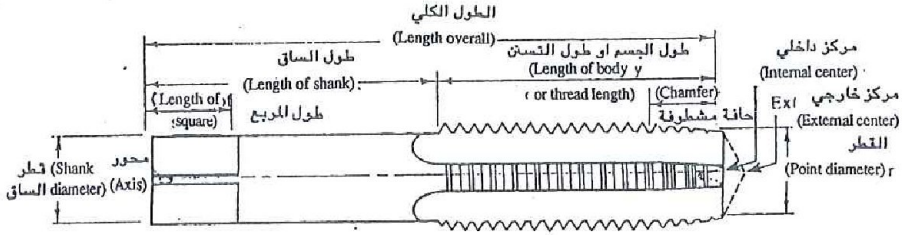
(ب) (أ)

شكل (5-8) (أ) رأس الازميل بعد فترة من الاستعمال، لاحظ تشوه الرأس نتيجة للطرق. (ب) رأس الازميل بعد التجليخ، لاحظ ازالة الطبقة المشوه الخطرة بعملية التجليخ.

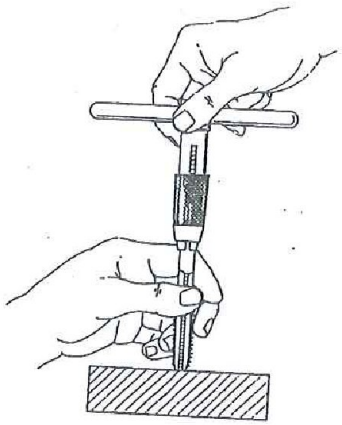
5-4 فتح الاسنان الداخلية والخارجية

(Cutting of internal and external threads)

أداة فتح الاسنان الداخلية (Tap) تصنع من الفولاذ المقسى، وتحتوي على اسنان على طول الاداة، بالإضافة لاحتوائها على قنوات طويلة تساعد في خروج الرايش من الثقب المطلوب عمل الاسنان عليه، ونهاية احد اطراف الأداة ذات مقطع مربع، شكل (5-9). يعشق مع هذا المقطع المربع مفتاح (Wrench)، وذلك من أجل تدوير هذه الأداة لفتح الاسنان الداخلية، شكل (5-10).

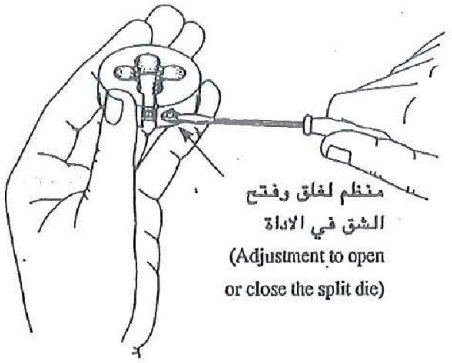


شكل (5-9) اداة فتح الاسنان الداخلية، لاحظ الطرف المسنن، ومقطع الاداة المربع في الطرف الآخر.



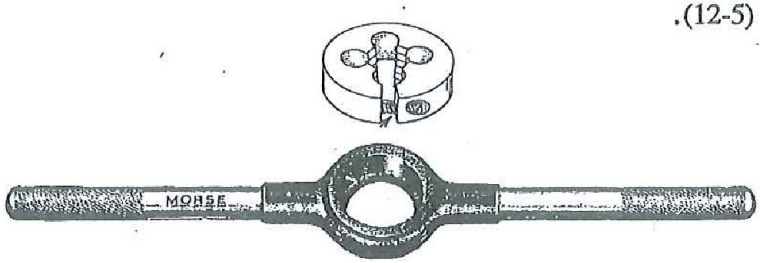
شكل(5-10) تدوير اداة فتح الاسنان الداخلية يدويا ، باستخدام مفتاح خاص يتعشق مع المقطع المربع لأحد اطراف الاداة، وذلك عند المباشرة في عمل الاسنان الداخلية للثقب في الشغلة.

أما بالنسبة لفتح الاسنان الخارجية فتستخدم اداة أخرى (لُقمة اللولبة) لهذا الغرض (Dies). وهذه اللُقمة متوفرة بأحجام وأنواع مختلفة، حيث أن اختيار اللُقمة يعتمد على شكل السن (Thread) وأبعاده وكذلك على المادة المصنوع منها. لذلك فإن لُقمة اللولبة تصنع من فولاذ العدة (Tool steel) أو من فولاذ السرع العالية (High speed steel)، وبعض ادوات فتح الاسنان الخارجية ثابتة الأبعاد والبعض الآخر يتم التحكم بأبعادها بواسطة مسمار ملولب (Screw)، شكل (5-11).



شكل (5-11) أداة فتح الاسنان الخارجية، لاحظ امكانية تغيير ابعاد هذه الاداة بواسطة المسمار الملولب.

وتستخدم عتلة خاصة تثبت عليها اداة فتح الاسنان الخارجية وذلك من اجل تدويرها لعمل الاسنان الخارجية، شكل (5-12).



شكل (5-12) عتلة تستعمل لتثبيت اداة فتح الاسنان الخارجية، ليتسنى تدويرها لعمل هذه الاسنان في العمود أو الانبوب.

التشغيل بواسطة المكائن الآلية
(Machining by machine tools)

تتم عمليات التشغيل في هذا المجال بواسطة المكائن الآلية، لذلك فإن هذه العمليات تكون سريعة بالمقارنة بالتشغيل اليدوي، كما أن المنافسة بين منتجي مكائن التشغيل الآلية،

أدت إلى زيادة ملحوظة في السرع الانتاجية لهذه المكائن. كما أدى ذلك إلى تعقد تصاميمها، بالإضافة لتعدد العمليات التشغيلية التي بإمكان الماكنة الواحدة القيام بها، حيث بالإمكان في الوقت الحاضر، استخدام ماكنة واحدة، وبإجراء بسيط من العامل (المشغل) او حتى بدون الحاجة إلى المشغل أحياناً، تستطيع هذه الماكنة القيام بعمليات متعددة كالخراطة والثقب وغيرها.

ومن الجدير بالذكر بأن هنالك بعض المسميات المشتركة بين عمليات التشغيل بواسطة المكائن الآلية، والتي من الضروري التطرق لها لتوضيح هذه العمليات:

أ- سرعة القطع (Cutting speed)

عبارة عن المسافة المقطوعة للحركة النسبية بين عدة القطع (Cutting tool) والشغلة (Workpiece) في وحدة الزمن .

$$\text{سرعة القطع} = \frac{\text{المسافة التي تقطعها عدة القطع(وحدة طول)}}{\text{الزمن(وحدة زمن)}}$$

ب- التغذية (Feed)

عبارة عن المسافة المقطوعة للحركة النسبية بين عدة القطع والشغلة في فترة معينة من الزمن (فترة الدورة الواحدة لعمود الدوران للمخارط والمثاقب وفترة المشوار المزدوج بالمقاشط)، وتقاس بوحدات الطول او اجزاء وحدات الطول لكل دورة لعمود الدوران أو لكل مشوار مزدوج.

ج- عمق القطع (Depth of cut)

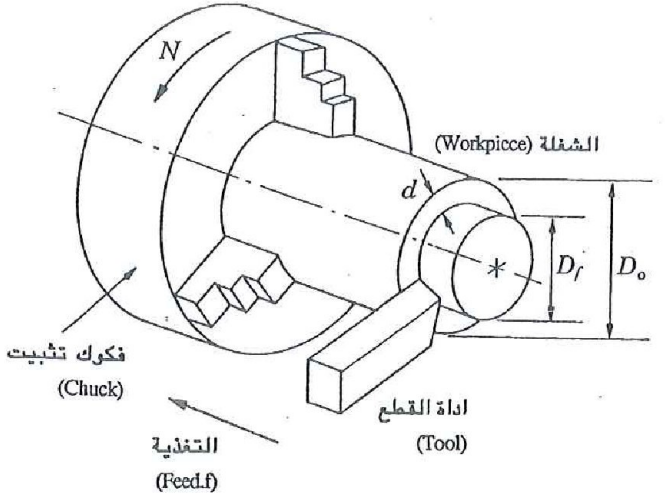
عبارة عن عمق الطبقة المشغلة من سطح القطعة المراد

تشغيلها في كل مرور لعدة القطع، وتقاس بوحدات الطول او اجزاء وحدات الطول.

إن الرايش المتكون في عمليات التشغيل المختلفة يتراوح بين الرايش المستمر (Continuous chip) والرايش غير المستمر (Discontinous chip) ، من حيث الشكل، وذلك يعتمد على عوامل مختلفة منها نوعية المعدن المشغل وسرعة القطع وشكل أداة القطع وغيرها. وسيتم فيما تبقى من هذا الفصل شرح عمليات التشغيل ومكائنها بصورة مبسطة ومختصرة.

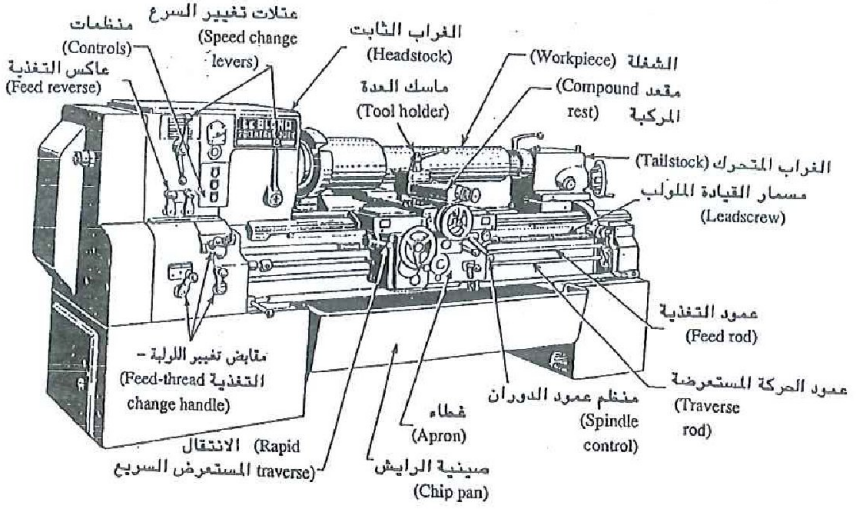
5-5 الخراطة (Turning)

في هذه العملية تتحرك الشغلة حركة دورانية هي حركة القطع، اما اداة أو عدة القطع (Cutting tool) فتتحرك حركة مستقيمة موازية لمحور الشغلة تسمى بالتغذية (Feed)، شكل (13-5).



شكل (13-5)عملية الخراطة.

وتستخدم في عملية الخراطة مكائن تسمى بالمخارط (Lathes) ، والشكل (14-5) يوضح الاجزاء الرئيسة لهذه الماكنة. حيث يحتوي الغراب الثابت (headstock) على كافة الاجهزة والتي تتم بواسطتها انجاز عملية الخراطة. أما الغراب المتحرك (Tailstock) فيستخدم لتثبيت الشغلة بين المراكز، وكذلك عند استعمال المخرطة في الثقب، فعندها بالامكان استخدامه لمسك اداة الثقب. ويحمل عدة القطع حامل او ماسك العدة (Tool holder)، الذي يتحرك على طول جسم المخرطة حركة افقية، والتي يتم تجهيزها بواسطة الاجهزة الموجودة في الغراب الثابت كما ذكرنا سابقاً.

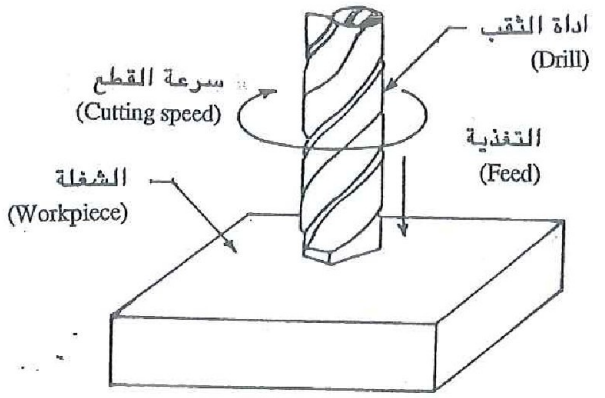


شكل (14-5) المخرطة .

6-5 الثقب (Drilling)

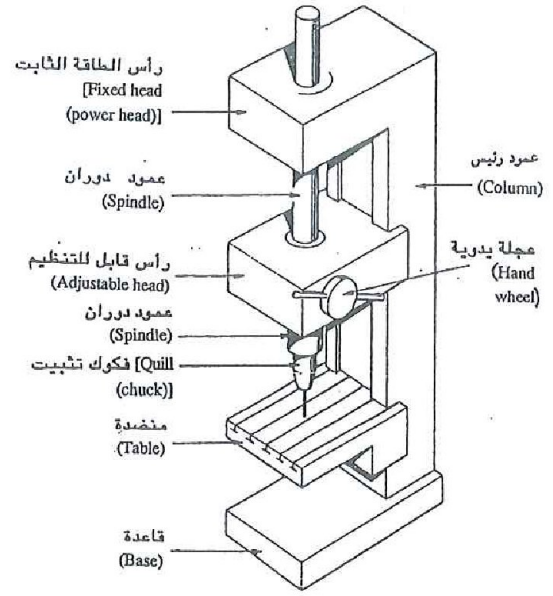
تتحرك اداة أو عدة الثقب (Drill) في هذه العملية حركتين رئيسيتين، حركة دورانية (حركة القطع Cutting speed) وحركة

محورية (حركة التغذية Feed) ، وتبقى الشغلة(Workpiece) ثابتة اثناء عملية القطع، شكل (5-15).



شكل (5-15) الثقب.

والماكنة المستخدمة في عملية الثقب تسمى بماكنة الثقب (Drilling machine) المبينة في الشكل (5-16) .

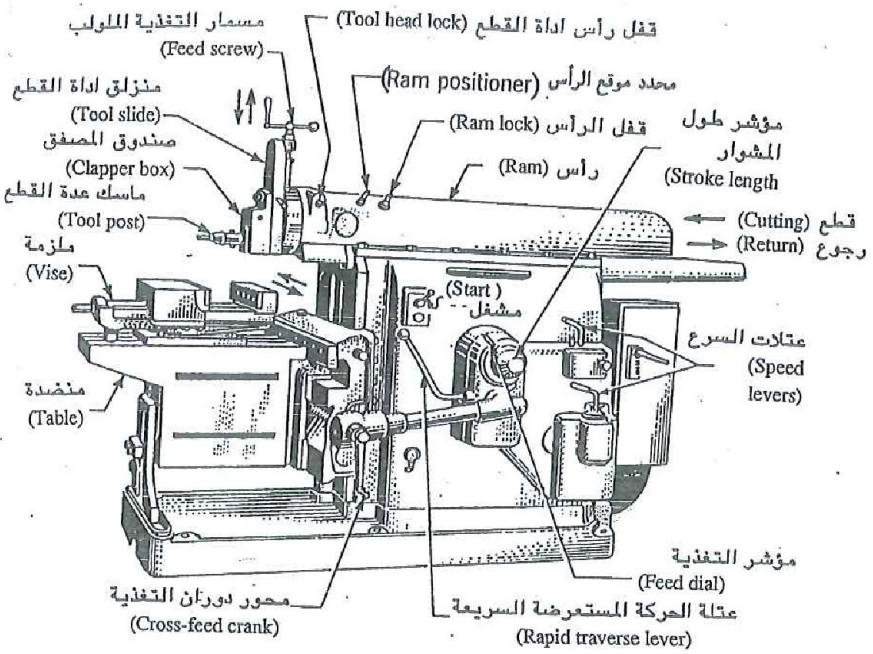


شكل (5-16) ماكنة الثقب.

وحركة القطع في ماكنة الثقب تتم بواسطة عمود التدوير (Spindle)، كما أن حركة التغذية العمودية تتم بواسطة العجلة اليدوية (Hand wheel). وتربط الشغلة على المنضدة (Table) وبالامكان تحريكها عمودياً للأعلى أو للأسفل (قبل إجراء عملية الثقب) على عمود المثقب الرئيس (Column) والمثبت على القاعدة (Base).

7-5 القشط (Shaping)

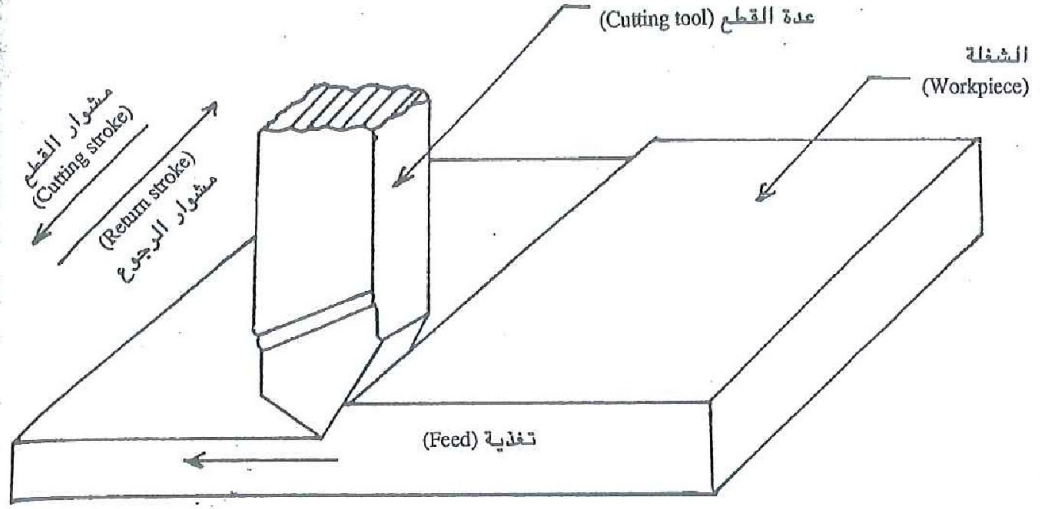
تتحرك اداة او عدة القطع في هذه العملية حركة مستقيمة (حركة القطع)، أما الشغلة فتتحرك حركة عرضية (حركة التغذية) ، وتتألف حركة القطع من مشوار القطع (Cutting stroke) ومشوار الرجوع (Return stroke)، ومن التسمية فإن عملية القطع أو التشغيل تتم في مشوار القطع فقط. تتحرك الشغلة (Workpiece) حركة عرضية متقطعة (حركة التغذية) ، شكل (5-17)، حيث تثبت الشغلة ولحين ازالة طبقة من المعدن بمشوار القطع، وبعد رجوع اداة القطع الى موقعها الأول، بمشوار الرجوع (غير القاطع)، تتحرك الشغلة مجدداً حركة التغذية العرضية لتثبت وتُقدم طبقة جديدة من المعدن يتم ازالة هذه الطبقة الجديدة بمشوار القطع، وهكذا تتم عملية تشغيل المعادن بالقشط.



شكل (5-18) المقشطة .

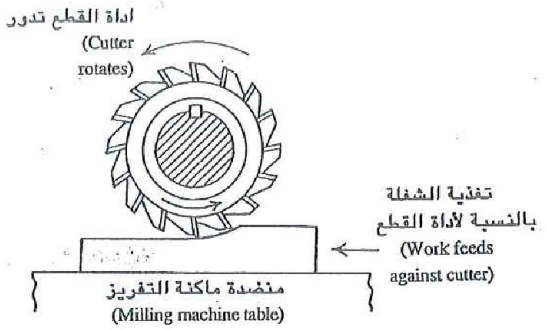
5-8 التفريز (Milling)

اداة القطع في التفريز تحتوي على عدة حدود قاطعة ، بخلاف ادوات القطع في عمليات التشغيل الأخرى كالخراطة والقشط. وفي عملية التفريز تتحرك اداة او عدة القطع حركة دورانية (حركة القطع)، اما القطعة المشغلة (Workpiece) فتتحرك حركة مستقيمة عمودية على محور دوران اداة القطع (حركة التغذية)، شكل (5-19).



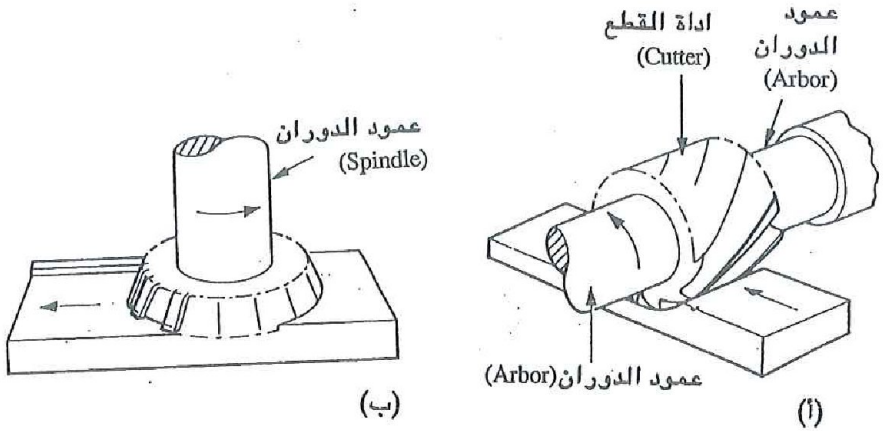
شكل (5-17) القشط .

والماكنة التي تتم بواسطتها هذه العملية تسمى بالمقشطة (Shaper)، ويحتوي بدن المقشطة على كافة الاجهزة، التي تحول حركة المحرك الدورانية الى حركة في أجزاء المقشطة المختلفة، وذلك من أجل إنجاز عملية القشط. ويحمل البدن في اعلاه الرأس (Ram) ، الذي ينزلق على البدن بصورة مستقيمة. ويحمل الرأس بدوره ماسك عدة القطع (Tool post). أما المنضدة (Table) فيمكن تحريكها عمودياً لتثبيت البعد اللازم بين اداة القطع والشغلة . وتتحرك المنضدة على البدن بواسطة منزلقات عمودية ، وتستند المنضدة بواسطة المسند المثبت على الفرش (Bed)، الذي يحمل البدن والمحرك أيضاً، شكل (5-18).



شكل (5-19) التفريز.

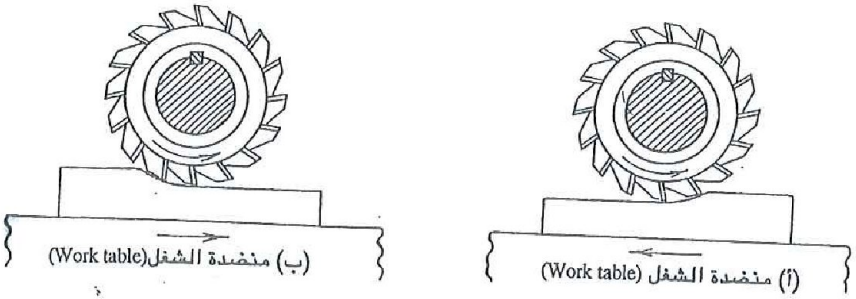
وهنالك عملية تفريز افقية (Slab milling)، حيث توجد حدود القطع (اسنان القطع) على محيط اداة القطع او تفريز رأسي (عمودي) (Face milling)، حيث توجد حدود القطع على وجه عدة القطع ، شكل (5-20).



شكل (5-20)) (أ) التفريز الافقي، (ب) التفريز العمودي

كما ان هنالك تفريز اعتيادي (Conventional milling) وتفريز متسلق (Climb milling)، شكل (5-21). من عيوب التفريز

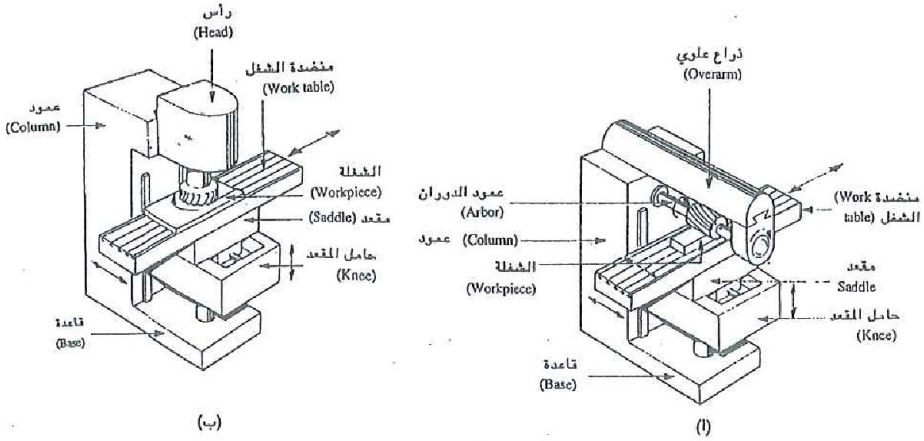
الاعتيادي، كثرة الاهتزازات التي تتولد اثناء عملية القطع كنتيجة للقوى الرافعة المتكررة، والتي تؤثر على القطع اثناء التفريز. إن هذه الاهتزازات تؤثر بدورها على جودة السطوح المشغلة. أما بالنسبة للتفريز المتسلق فإن أداة القطع تتحرك بنفس اتجاه حركة منضدة الشغل (Work table)لذلك يتجمع الرايش خلف اداة القطع، وليس امامها كما يحدث في التفريز الاعتيادي، لذا فإن هذه الطريقة لا تحتاج إلى الازالة المستمرة للرايش اثناء عملية التفريز، والذي قد يسبب تراكمه احياناً أمام أداة القطع إلى كسرها.



شكل (5-21) (أ) التفريز الاعتيادي، (ب) التفريز المتسلق.

وتسمى الماكنة التي تستخدم في التفريز بالفريزة (Milling machine)، ويبين الشكل (5-22) الفريزة الأفقية والفريزة العمودية. وبالرغم من اختلاف التسمية فإن هنالك تشابهاً كبيراً بين هذه المكائن. فالعمود (Column) الرئيس يحتوي على الاجهزة والتي تزود اجزاء الفريزة المختلفة بالحركة، ويستند العمود على القاعدة (Base)، والذي يستند عليه ايضاً المسند لحامل المقعد. يتحرك حامل المقعد (Knee) حركة عمودية بواسطة

منزلقات مثبتة على العمود الرئيس، بينما يتحرك المقعد (Saddle) حركة افقية (للأمام أو للخلف)، اما منضدة الشغل (Work table) المثبتة على المقعد فتتحرك حركة افقية (لليسار أو لليمين) وهذه الحركة الأخيرة تعتبر عمودية بالنسبة لحركة المقعد. ومن الجدير بالذكر بأن هنالك مكائن تفريز بإمكانها القيام بالتفريز الأفقي والتفريز العمودي، وذلك بعد استبدال البعض من اجزائها وحسب طبيعة الشغلة المطلوب تنفيذها.



شكل (5-22) (أ) ماكنة التفريز الافقية .

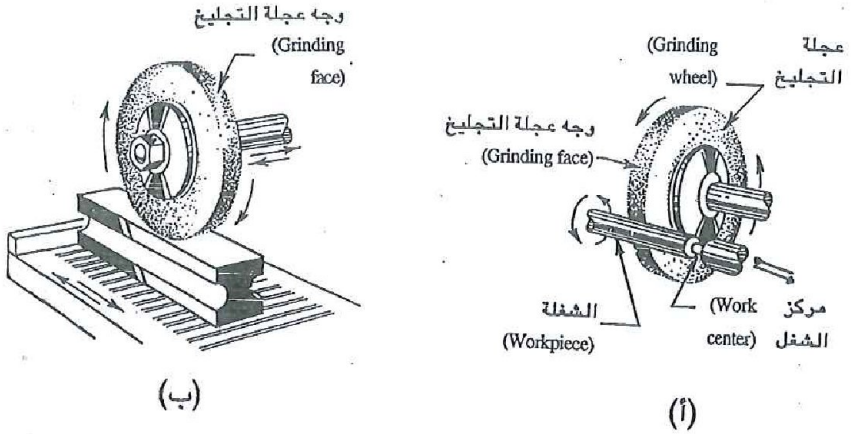
(ب) ماكنة التفريز العمودية .

9-5 التجليخ (Grinding)

اداة القطع في التجليخ تسمى بحجر او عجلة التجليخ (Grinding wheel)، وتتكون من اجزاء او حبيبات صغيرة في حجمها ، وهذه الأجزاء مصنوعة من مواد صلدة كأوكسيد الالمنيوم او كاربيد السليكون او الماس (الطبيعي او الاصطناعي). تربط هذه الأجزاء أو الحبيبات الصغيرة والصلدة مع بعضها بواسطة مادة رابطة (Binding material) كالطمى او

المطاط لصنع حجر التجليخ.

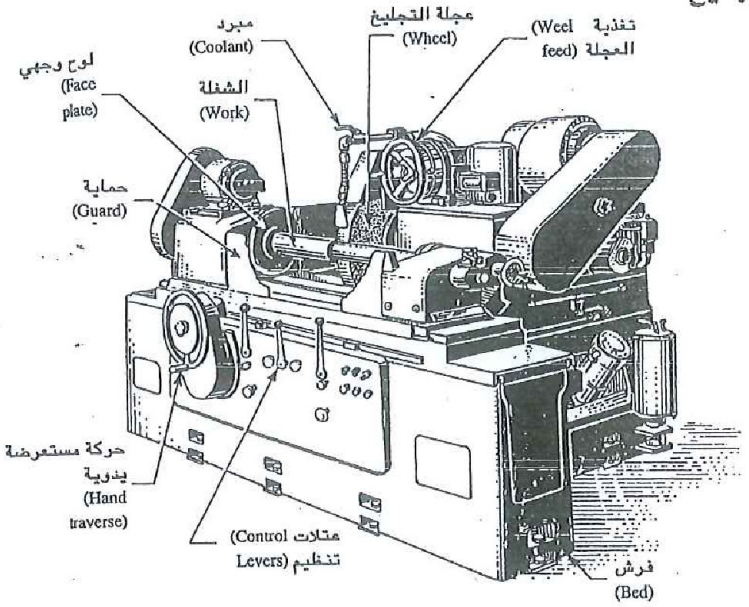
ومن الممكن تقسيم اهم عمليات التجليخ الى نوعين تنجز بواسطة مكائن خاصة معدة لهذا الغرض، النوع الاول عبارة عن تجليخ السطوح الاسطوانية، حيث تتحرك اداة القطع (حجر التجليخ) حركة دائرية (حركة القطع)، اما الشغلة (القطعة قيد التشغيل) فتتحرك حركة دورانية وحركة مستقيمة متقطعة (حركة التغذية) . اما النوع الثاني الذي هو عبارة عن تجليخ السطوح المستوية ففي هذا النوع تتحرك اداة القطع حركة دورانية (حركة القطع) وحركة متقطعة مستقيمة موازية لمحور الحركة الدورانية (حركة التغذية)، وتتركب حركة الشغلة من مشوار القطع ومشوار الرجوع، والتجليخ يتم في مشوار القطع فقط، شكل (5-23)، بعد تحرك اداة القطع حركة التغذية ولمسافة معينة قصيرة، مقدمة بهذه الحركة مادة جديدة من الشغلة لغرض القطع (التجليخ).



شكل (5-23) (أ) تجليخ السطوح الاسطوانية.

(ب) تجليخ السطوح المستوية .

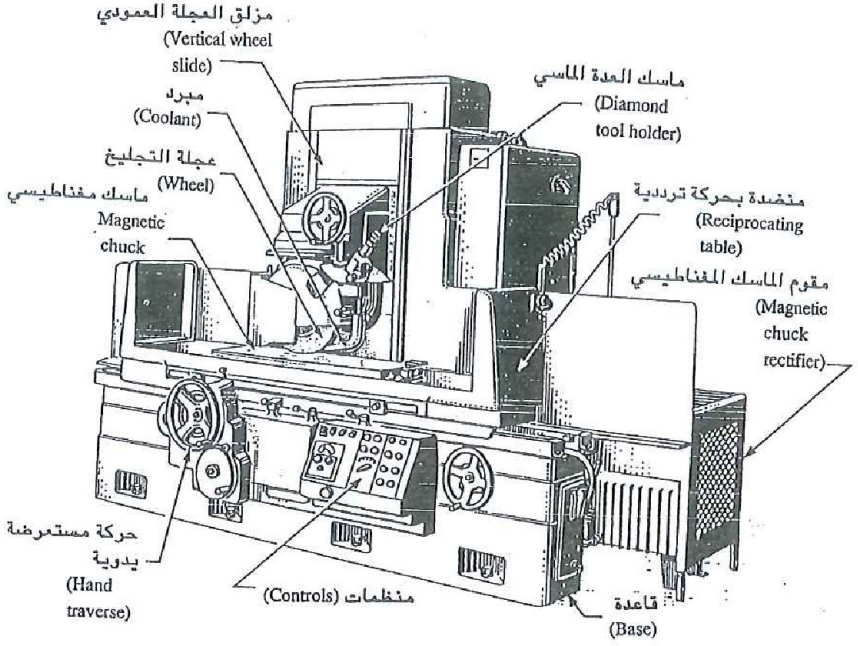
وأسس عمل مكائن التجليخ متشابه، حيث تنتقل حركة المحرك الى كافة أجزاء ماكنة التجليخ بواسطة اجهزة خاصة تزودها بالحركات الدورانية والحركات المستقيمة المتقطعة، كما أنه من الممكن تغيير كافة هذه الحركات وحسب متطلبات عملية التجليخ.



شكل (5-24) ماكنة تجليخ السطوح الاسطوانية .

فعند تجليخ السطوح الاسطوانية توضع الشغلة بين مركزين يتيحان للشغلة الحركة الدورانية. وتُقرب اداة التجليخ والتي تدور بسرعة عالية جداً من الشغلة وحسب عمق القطع المطلوب، والذي لا يتجاوز عادة البعض من اجزاء المليمتر ، عند ذلك تبدأ عملية تجليخ سطح الشغلة الذي يكون بتماس مع اداة القطع. تتحرك الشغلة ذاتياً حركة مستقيمة ولمسافة قصيرة (حركة التغذية)، وذلك ليتسنى وضع جزء جديد من

سطح الشغلة في تماس مع اداة القطع. تستمر هذه العملية لحين انتهاء تجليخ سطح الشغلة كلياً وحسب الطلب، شكل (5-24). أما بالنسبة لتجليخ السطوح المستوية فإن منضدة الماكنة المتحركة تجهز بقوى مغناطيسية وذلك لمسك الشغلة. تتحرك الشغلة في مشوار القطع، بعد أن يتم تثبيت عمق القطع، وبذلك تحدث عملية التجليخ. أما الشغلة فتعود في نهاية مشوار الرجوع إلى موقعها الأول. وعند البدء بمشوار القطع اللاحق، تتحرك اداة القطع ذاتياً حركة مستقيمة قصيرة (حركة التغذية) وبهذا يتم تجليخ جزء جديد من سطح الشغلة. تتكرر هذه العملية الى ان تنتهي عملية تجليخ السطح المطلوب، شكل (5-25).



شكل (5-25)ماكنة تجليخ السطوح المستوية.

إن القطع المنتجة بالتشغيل تنجز عليها عملية واحدة أو أكثر من العمليات المذكورة سابقاً، وفي الكثير من الاحيان وخاصة عند تكرر انتاج قطعة معينة بشكل دوري منتظم ، يلجأ المصممون الى جمع اكثر من عملية واحدة في ماكنة واحدة. وعلى هذا الاساس يتم انتاج القطعة باستخدام ماكنة واحدة، او مركز مكائن (Machines center) كما يسمى ، تستطيع هذه الماكنة ان تقوم بعمليات متعددة متشابه او مختلفة، ليتسنى انجاز القطعة وانتاجها بالشكل المطلوب. ان تعدد الوظائف في هذه المكائن او مراكز المكائن، قد أدى إلى تعقيدها وزاد من صعوبة وكلفة صيانتها، ولكن بواسطة هذه المكائن او مراكز المكائن بالامكان انتاج القطع بصورة اسرع مما لو تم انتاجها على مكائن متعددة، مما وفر في كلفة تصنيعها، وهذا يؤدي بالتالي الى خفض كلفتها. ومهما تعددت العمليات التشغيلية المنجزة بواسطة هذه المكائن فإنها تبقى معتمدة على نفس الأسس التي تم توضيحها باختصار في هذا الفصل.

اسئلة

س1 : ما المقصود بتشغيل المعادن؟ عدد اهم عمليات التشغيل باستخدام العدد اليدوية والمكائن الآلية.

س2: ما هي الشروط التي ينبغي توفرها لنجاح عمليات التشغيل اليدوي؟

س3: اذكر اهم الاستخدامات الرئيسية لعملية البرادة.

س4: ما هي المبارد؟ وما هي اهم انواعها؟ اشرح احد هذه الانواع.

س5: ارسم احد المبارد مبيناً أهم الاجزاء.

س6: كيف يتم انجاز عملية قطع قطعة معدنية بواسطة المنشار؟

س7: ما هي اهم الملاحظات حول كيفية استعمال الازاميل؟

س8: اذكر اهم انواع الازاميل مبيناً أهم استخداماتها.

س9: اشرح بصورة مختصرة اسلوب فتح الاسنان الخارجية والداخلية يدويا.

س10: اشرح مستعيناً بالرسم احد العمليات التالية:

أ- الخراطة ، ب- الثقب ، جـ-التفريز،

د- القشط، هـ-التجليخ.

س11: ما هي اهم نقاط الاختلاف بين عملية القشط وعملية الخراطة؟

س12: ما الفرق بين التفريز الاعتيادي والتفريز المتسلق؟ وضح اجابتك بالاستعانة بالرسم.

س13: ما هو المقصود بمشوار القطع ومشوار الرجوع؟ اذكر اهم عمليات التشغيل المتضمنة هذه التسميات.

س14: قارن بين تجليخ السطوح الاسطوانية والسطوح المستوية، استعن بالرسم لإنجاز هذه المقارنة.

الفصل السادس
وصل المواد
"Joining of materials"

إن المنتج النهائي لا يتم الحصول عليه بعملية تصنيعية واحدة فقط من العمليات التي تم ذكرها في الفصول السابقة، بل تنجز عليه عادة عدة عمليات تصنيعية ليتم تصنيعه بالصيغة الجاهزة المهيئة للتسويق. ويتكون المنتج النهائي، في الكثير من الاحيان، من عدة اجزاء، تجمع او توصل مع بعضها بواسطة طرق الوصل المتداولة، والتي أهمها:

1-6 الوصل بواسطة المسامير الملولبة (Screw fastening)

تستعمل هذه الطريقة لوصل الاجزاء المعرضة للتصليح والاستبدال المتكرر اثناء الاستعمال الطويل للمنتج . لذلك فإن طريقة الوصل هذه تعتبر غير دائمية (Non - Permanent) لتسهيل فصل الاجزاء عن بعضها عند الحاجة. وتختلف انواع المسامير الملولبة المستعملة في هذه الطريقة، ولكن جميعها تستعمل لغاية واحدة وهي وصل المواد بصورة مؤقتة ، شكل (6-1) .

س13: ما هو المقصود بمشوار القطع ومشوار الرجوع؟ اذكر اهم عمليات التشغيل المتضمنة هذه التسميات.

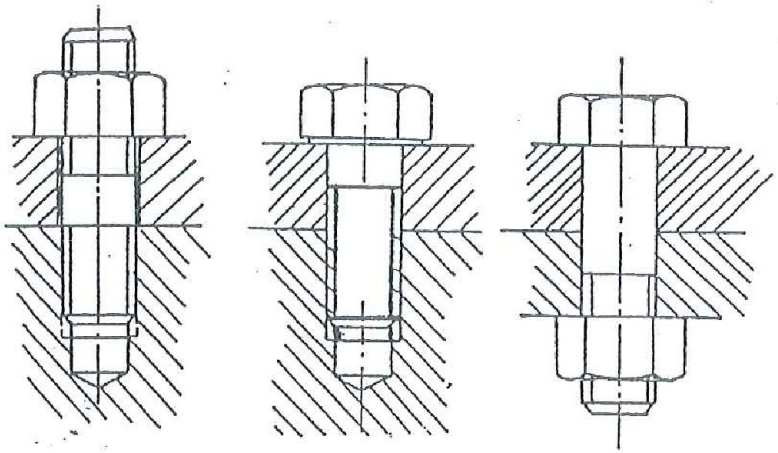
س14: قارن بين تجليخ السطوح الاسطوانية والسطوح المستوية، استعن بالرسم لإنجاز هذه المقارنة.

الفصل السادس
وصل المواد
"Joining of materials"

إن المنتج النهائي لا يتم الحصول عليه بعملية تصنيعية واحدة فقط من العمليات التي تم ذكرها في الفصول السابقة، بل تنجز عليه عادة عدة عمليات تصنيعية ليتم تصنيعه بالصيغة الجاهزة المهيئة للتسويق. ويتكون المنتج النهائي، في الكثير من الاحيان، من عدة اجزاء، تجمع او توصل مع بعضها بواسطة طرق الوصل المتداولة، والتي أهمها:

1-6 الوصل بواسطة المسامير الملولبة (Screw fastening)

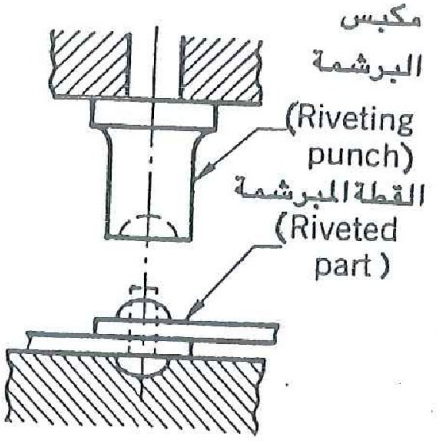
تستعمل هذه الطريقة لوصل الاجزاء المعرضة للتصليح والاستبدال المتكرر اثناء الاستعمال الطويل للمنتج . لذلك فإن طريقة الوصل هذه تعتبر غير دائمية (Non - Permanent) لتسهيل فصل الاجزاء عن بعضها عند الحاجة. وتختلف انواع المسامير الملولبة المستعملة في هذه الطريقة، ولكن جميعها تستعمل لغاية واحدة وهي وصل المواد بصورة مؤقتة ، شكل (6-1) .



شكل (6-1) انواع مختلفة من المسامير الملولبة، والمستخدمة لوصل الاجزاء بصورة غير دائمية.

6-2 الوصل بالبرشمة (Riveting)

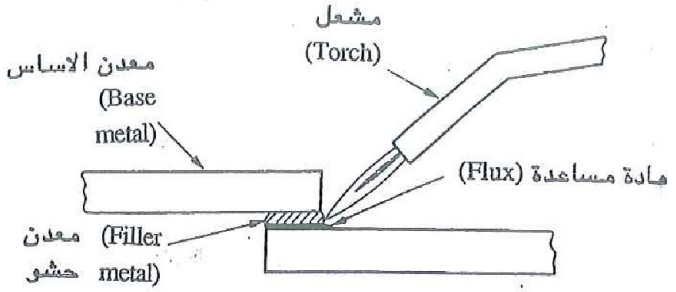
تعتبر هذه الطريقة من الطرق التي تستعمل لوصل المواد بصورة دائمية، وتستعمل لوصل الصفائح المعدنية الرقيقة وخاصة في بناء هياكل وسائل النقل المختلفة، شكل (6-2). وعملية البرشمة تشابه عملية وصل الاخشاب بالمسامير، حيث يتم مسك المسامير بواسطة قوى الاحتكاك المسلط عليها من قبل الخشب، ولكن هذا بالطبع غير ممكن عند وصل الصفائح الرقيقة بمسامير البرشام. لذا فإنه من الضروري تشكيل رؤوس هذه المسامير، شكل (6-2) ، لتتم عملية الوصل بصورة محكمة ودائمية .



شكل (6 - 2) عملية البرشمة .

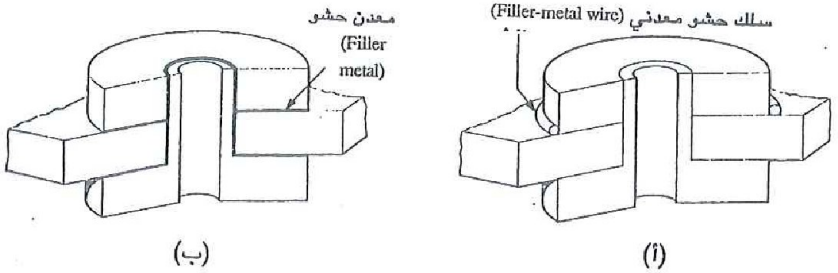
6-3 الوصل بالسمكرة والوصل بالمونة (Soldering and brazing)

الوصل بالسمكرة والوصل بالمونة قد تشبه بطريقة وصل الاخشاب بواسطة الغراء. في طرق الوصل هذه توضع طبقة رقيقة من معدن او سبيكة مصهورة بين السطحين المراد وصلهما، وعند تجمد هذه المادة المعدنية تتم عملية الوصل ويشترط ان تكون درجة انصهار المادة المعدنية المضافة (Filler metal) اقل من درجة انصهار الاجزاء المعدنية المطلوب وصلها بإحدى هذه الطرق، شكل (6-3) .



شكل (3-6) استخدام معدن اضافة لانجاز عملية الوصل بالسمكرة او الوصل بالمونة، لاحظ استخدام المشعل لتوليد الحرارة اللازمة لصهر معدن الاضافة.

وعملية صهر المادة المعدنية المضافة بالإمكان إنجازها باستخدام المشعل الغازي (Gas torch)او بواسطة الافران (Furnaces)، شكل (4-6) ، او بواسطة غمر القطع المطلوب وصلها في منصهر المادة المعدنية المضافة وغيرها من الطرق. الملاحظ مما سبق عدم وجود حد فاصل بين الوصل بالسمكرة والوصل بالمونة، ولكن العرف والاتفاق قد جرى على اعتبار الوصل بالسمكرة مختصاً بوصل المعادن باستخدام سبائك درجة انصهارها منخفضة نسبياً وتكون عادة أقل من (430) درجة مئوية.



شكل (4-6) صهر معدن الاضافة وذلك لوصل الاجزاء المبينة، لاحظ شكل معدن الاضافة قبل (أ) وبعد (ب) عملية الصهر.

اما اذا زادت درجة حرارة انصهار السبائك المضافة عن هذه الدرجة اعتبرت الطريقة طريقة وصل بالمونة.

ان أهم السبائك المستعملة في الوصل بالسمكرة هي التي أساسها الرصاص (Pb) والقصدير (Sn). وتستخدم هذه الطريقة من الوصل في عمل التوصيلات الكهربائية وفي وصل الأوعية المعدنية، وكذلك في وصل المواسير المصنوعة من الرصاص والأنابيب النحاسية وغيرها. أما أهم السبائك المستعملة في الوصل بالمونة فهي السبائك التي أساسها النحاس او الفضة، وتستعمل هذه الطريقة لوصل الاجزاء المصنوعة من الفولاذ (الصلب) او النحاس او البراص او النيكل او غيرها من المعادن والسبائك.

4-6 اللحام (Welding)

يعتبر اللحام من أهم الطرق المتداولة في وصل المعادن ، وعملية اللحام تتم :

أ- بتسخين منطقة الوصل في الاجزاء المطلوب لحامها الى درجة اقل من درجة الانصهار، ومن ثم تسليط ضغط على هذه الاجزاء، كما في لحام الحدادة.

ب- بصهر منطقة الوصل في الاجزاء المطلوب لحامها، ثم تترك هذه المنطقة لتتجمد، كما في اللحام الغازي او لحام القوس الكهربائي.

جـ- بصهر منطقة الوصل في الاجزاء المطلوب لحامها، ثم يسلط ضغط على هذه المنطقة، كما في لحام المقاومة الكهربائية او اللحام الوميضي.

د- بتسليط ضغط على منطقة الوصل في الاجزاء المطلوب لحامها وفي درجة حرارة الغرفة، كما في اللحام البارد.

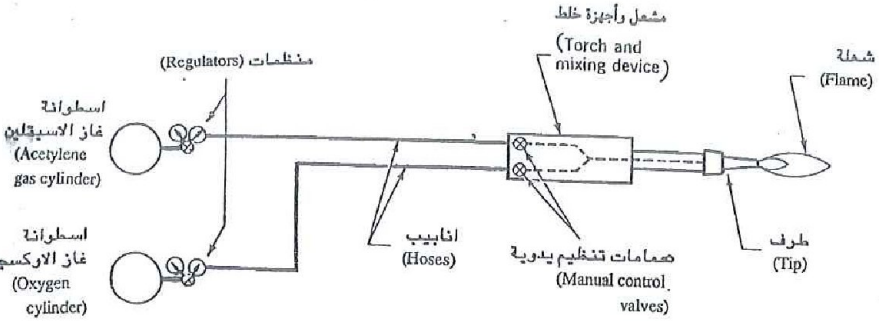
ومن الجدير بالذكر، وقبل ان يتم التطرق لعمليات اللحام، بأن المعادن او السبائك عند اللحام، تتعرض الى تغير كبير في خواصها نتيجة للحرارة العالية و (او) الضغط وخاصة في منطقة الوصل. لذا يتم عادة اجراء العديد من العمليات والفحوصات المختلفة على الاجزاء التي تم لحامها للتأكد من صلاحيتها، وذلك قبل تسويقها واستعمالها، وفي حالة وجود أي اختلاف في خواصها عما هو مطلوب في الاستعمال، من الضروري الاسراع لمعالجة ذلك، لما قد يسببه هذا الاختلاف من مشاكل ومحاذير خلال الاستعمال.

1-4-6 لحام الحدادة (Forge welding)

في بداية هذه العملية يتم تشكيل وتنظيف نهايتي القطعتين المطلوب وصلها، ثم يسخنان بصورة منتظمة الى درجة حرارة معينة في فرن مناسب. تضاف مواد مساعدة خلال عملية التسخين (رمل السليكا او البوركس) وذلك لإزالة الأكاسيد. وبعد التسخين تسحب القطعتان من الفرن ثم توضع نهاية احدهما فوق نهاية القطعة الثانية (المنطقة المطلوب وصلها) بصورة سريعة وتطرقان يدوياً أو آلياً حتى تتم عملية اللحام. خلال عملية الطرق بالإمكان تدوير القطعتان لينتظم مقطع وصله اللحام. ان معظم السلاسل (Chains) المستعملة للأغراض المختلفة يتم وصلها بهذه الطريقة وتستعمل ايضاً هذه الطريقة بكثرة في اعمال الصيانة.

2-4-6 اللحام الغازي (Gas welding)

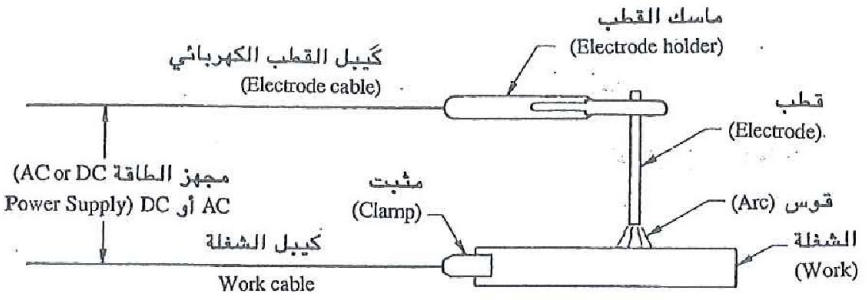
غاز الاسيتلين يعتبر من اهم انواع الغازات المستعملة، والذي يتم حرقه بواسطة الاوكسجين في مشعل (Torch) خاص، لتوليد درجة حرارة عالية لانجاز عملية اللحام، شكل (6-5)، كما انه من الممكن استعمال غازات أخرى لهذا الغرض كغاز الهيدروجين، ولكن درجة حرارة الشعلة الاوكسي-اسيتلينية (Oxyacetylene flame) اعلى من درجة حرارة الشعلة الاوكسي - هيدروجينية، لذلك تفضل الاولى على الثانية.



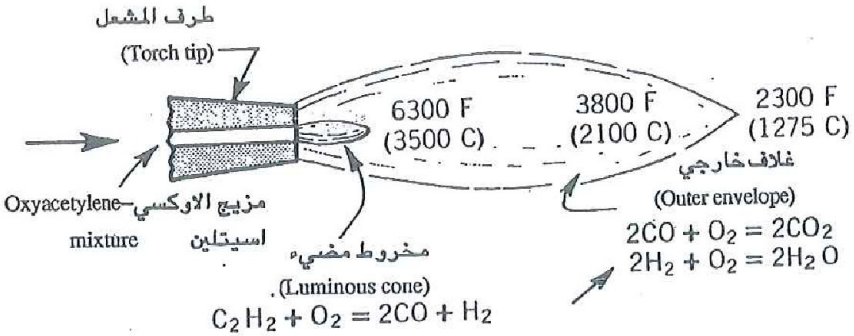
شكل (6-6) الشعلة والمشعل والانابيب والمنظمات واسطوانات غاز الاوكسجين وغاز الاسيتلين المستعملة في عملية اللحام الاوكسي - استيليني (اللحام الغازي).

6-4-3 لحام القوس الكهربائي (Electric-are welding)

اساسيات عملية لحام القوس الكهربائي مبينة بالشكل (6-7) ، والملاحظ من الشكل بأن المحول يعمل على تحويل التيار بالفولتية العالية والامبيرية الواطئة الى تيار منخفض الفولتية وعالي الامبيرية، وذلك للتقليل من خطورة تعرض العامل الذي يقوم بعملية اللحام الى الصدمات الكهربائية.



شكل (6-7) اساسيات لحام القوس الكهربائي.



شكل (6-5) الشعلة الاوكسي - استيلينية.

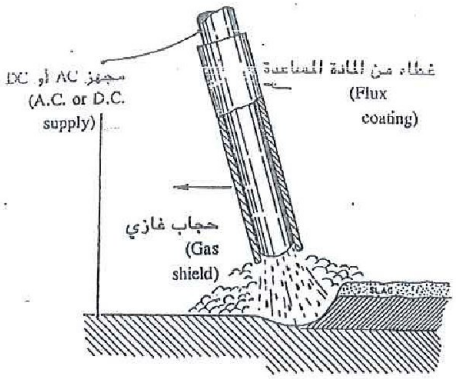
الشكل (6-6) يوضح المشعل والانابيب والاسطوانات المستخدمة لتوليد الشعلة الأوكسي-استيلينية. إن تسليط الشعلة وبهذه الحرارة العالية يؤدي إلى صهر المنطقة المطلوب وصلها وعند التجمد يتم اللحام، او يضاف معدن يسمى بمعدن الاضافة (Filler metel) ، ينصهر مع المنطقة المطلوب وصلها ويتجمد ضمن هذه المنطقة . تضاف مواد مساعدة (Fluxes) الى منطقة اللحام وذلك لصهر الاكاسيد، ولتكوين طبقة تعمل على حماية المنطقة المصهورة من الهواء. وهذه المواد المساعدة من الممكن اضافتها بصورة منفردة او يتم اكساء معدن الاضافة بها. يكون معدن الاضافة عادة على شكل سلك مكسي او غير مكسي بالمواد المساعدة. وعندما يبدأ السلك (معدن الاضافة) المكسي بالانصهار التدريجي تنفصل هذه المادة المساعدة لتؤدي الوظائف والتي سيتم الاشارة اليها في الفقرة القادمة.

عند اجراء اللحام بهذه الطريقة يقدح القوس (Arc) بملامسة القطب الكهربائي (Electrode) المعدن في المنطقة المطلوب وصلها . بعدها يسحب هذا القطب مسافة لا تتجاوز قطر القطب الكهربائي. ان درجة حرارة القوس عند اللحام تبلغ حوالي 3000° م وهذه الحرارة العالية تصهر معدن القطعتين في المنطقة الجاري وصلها.

وكما في اللحام الغازي فإن معدن الاضافة في هذه الطريقة يكون على شكل سلك ايضاً، وفي هذه الحالة يكون القطب الكهربائي مصنوع من مادة عديمة الاستهلاك (Non- consumable electrode) . وتصنع هذه الأقطاب غير القابلة للاستهلاك عادة من الكاربون او التنكستين.

أما بالنسبة للقطب الكهربائي القابل للاستهلاك (Consumable electrode)، فيصنع من معدن الاضافة، وفي هذه الحالة، كما موضح بالشكل (6-7) ، فإن هذا القطب الكهربائي يزود المنطقة المراد لحامها بالحرارة اللازمة للصهر، بالاضافة الى تزويد منطقة اللحام بمعدن الاضافة، وذلك لانصهاره خلال عملية اللحام. ان هذه الاقطاب تستهلك خلال اللحام وتستبدل بأقطاب أخرى عند استهلاكها.

ومن الممكن أن يُغطى أو يُكسى معدن الاضافة والذي يكون على شكل سلك ، بالمواد المساعدة (Fluxes)، بالنسبة لعملية اللحام بالقطب الكهربائي غير المستهلك، أو ان تغطى أو تكسي هذه المادة القطب الكهربائي بكامله في عملية اللحام بالقطب الكهربائي المستهلك، والذي يكون القطب الكهربائي بنفس الوقت عبارة عن سلك معدن الاضافة، شكل (6-8).



شكل (6-8) القطب الكهربائي المستهلك خلال اللحام والمغطى بالمواد المساعدة.

وتعمل المواد المساعدة التي تغطي الاقطاب الكهربائية على:

أ- تنظيف المنطقة الجاري لحامها من الاكاسيد والشوائب.

ب- توليد كمية كبيرة من الغازات تحيط بالقوس الكهربائي والمنطقة المصورة وتحجبها تماماً عن المحيط الخارجي.

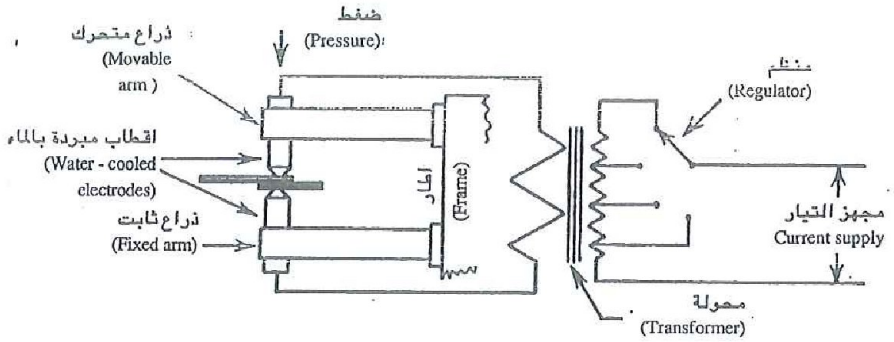
جـ- انتاج الخبث الذي يطفو فوق المنطقة المصهورة، وبذلك يمنع اتصال الهواء بهذه المنطقة، فيقلل من احتمال تأكسد المنطقة الجاري لحامها، وعند تجمد هذه المنطقة بعد عملية اللحام من الممكن إزالة الخبث بسهولة.

6-4-4 لحام المقاومة الكهربائية (Resistance welding)

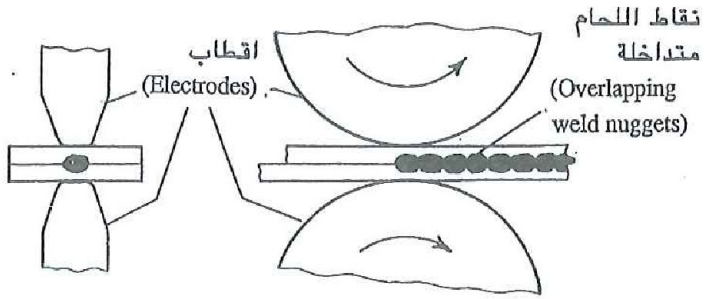
في هذه الطريقة من اللحام توضع القطعتان المطلوب لحامها بين قطبين كهربائيين متقابلين، ويحرك أحد القطبين باتجاه الآخر ليتم تسليط ضغط معين على القطعتين المطلوب لحامها، ومن ثم يمرر تيار كهربائي منخفض الفولتية وعالي

الامبيرية خلال هذين القطبين. إن مرور التيار الكهربائي يؤدي الى ارتفاع في درجة الحرارة عند منطقة تماس القطعتين وذلك يؤدي إلى صهرها جزئياً. عند هذه المرحلة يُوقف مرور التيار الكهربائي، مع بقاء الضغط مسلطاً على القطعتين، الى أن تتجمد المنطقة المصهورة، وبذلك تتم عملية اللحام.

إن عملية الصهر تتم في منطقة تماس القطعتين، والمعرضة لمرور التيار الكهربائي بين القطبين المتقابلين فقط، وذلك لأن مقاومة سريان التيار الكهربائي تكون على اشدها في هذه المنطقة. كما انه من الواجب التحكم في الفترة الزمنية لسريان التيار الكهربائي لأن زيادتها عن الحد المقرر تؤدي الى إتلاف القطعتين. وبالتالي الى إتلاف منطقة الوصل، اما نقصان هذه الفترة الزمنية فيؤدي الى التقليل من احتمال التحام القطعتين.و طريقة لحام النقطة (Spot welding) تعتبر من اهم طرق لحام المقاومة الكهربائية، حيث تستخدم اقطاب كهربائية اسطوانية لتمرير التيار الكهربائي ولتسليط الضغط اللازم لإنجاز عملية اللحام ، شكل(6-9) . من الطرق الأخرى للحام المقاومة الكهربائية طريقة لحام الدرز (Seam welding)، حيث تستخدم اقطاب كهربائية على شكل اقراص. تدور هذه الاقطاب باتجاهات متعاكسة وتُمرّر التيار الكهربائي مع تسليط الضغط اللازم لتحقيق اللحام بين القطعتين في منطقة الوصل، شكل (6-10) .



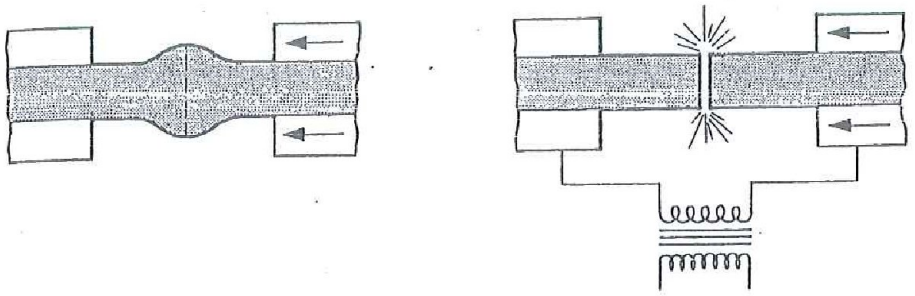
شكل (6-9) لحام النقطة .



شكل (6-10) لحام الدرز .

6-4-5 اللحام الوميضي (Flash welding)

تسمى هذه الطريقة أيضاً باللحام التقابلي الوميضي (Flash butt welding)، هذه الطريقة مشابهة لطريقة لحام المقاومة، والفرق بين هذه الطريقة ولحام المقاومة، هو أن الأقطاب الكهربائية والتي تُولد الحرارة والضغط في لحام المقاومة عبارة عن القطعتين المطلوب لحامها، شكل (6-11) .



شكل (6-11) اللحام الوميضي .

توضع القطعتان بصورة متقابلة وتحرك احدهما باتجاه القطعة الأخرى ولحين حصول تماس بين سطحيهما تحت ضغط معين يمرر تيار كهربائي، فتنصهر سطوحها المتماسة. يقطع التيار الكهربائي وتترك القطعتان تحت الضغط الابتدائي لتتجمد المنطقة المصهورة، وبهذا تتم عملية اللحام. تستعمل هذه الطريقة في لحام القضبان والأنابيب والأسلاك وغيرها.

6-4-6 اللحام البارد (Cold welding)

يطلق على هذا النوع من اللحام هذا الاسم، وذلك لأن عملية اللحام تتم بتسليط ضغط فقط وبدون حاجة لإجراء تسخين مسبق لمنطقة اللحام. وتستعمل هذه الطريقة عادة لوصل المعادن غير الحديدية وسبائها، والتي تتمتع بمطيلية عالية، والسطوح المطلوب لحامها يجب أن تكون في غاية النظافة وخالية من الزيوت والأكاسيد. اما بالنسبة للضغط فيعتمد على المواد التي يراد لحامها، ويتراوح هذا الضغط بين (1000 - 10,000) ضغط جوي، وتستخدم معدات خاصة لتوليد مثل هذا الضغط.

اسئلة

س1 : ما المقصود بوصل المواد؟ ولماذا يستخدم؟

س2 : عدد الطرق المتداولة لوصل المواد، واشرح واحدة منها مستعينا بالرسم.

س3 : قارن بين وصل المواد بواسطة المسامير الملولبة والوصل بالبرشمة.

س4 : اذكر أهم الاستخدامات الصناعية لطرق وصل المواد التالية:

أ- الوصل بالمسامير الملولبة

ب- الوصل بالبرشمة .

جـ- الوصل بالسمكرة .

د- الوصل بالمونة.

س5 : ما الفرق بين وصل المواد بالسمكرة ووصل المواد بالمونة؟

س6 : اشرح احد الطرق التالية مستعيناً بالرسم :

أ- الوصل بالسمكرة.

ب- الوصل بالمونة.

س7 : عدد اهم طرق اللحام.

س8 : كيف تتم عملية اللحام ؟

س9 : لماذا يتم اجراء بعض الفحوصات للاجزاء التي تم لحامها؟ اذكر احد هذه الفحوصات.

س10 : قارن بين لحام الحدادة واللحام البارد.

س11 : ارسم ما يلي في طريقة اللحام الغازي.

أ- المشعل، الانابيب، المنظمات، اسطوانات الغاز.

ب- الشعلة الغازية.

س12 : ما هي واجبات المواد المساعدة في عملية اللحام ؟

س13: ما المقصود بمعدن الاضافة؟ ولماذا يستخدم ؟

س14 : ما هي انواع الاقطاب الكهربائية المستخدمة في اللحام؟ ولماذا تستعمل ؟ وكيف تعمل ؟

س15 : اشرح مستعيناً بالرسم :

أ- لحام النقطة

ب- اللحام الوميضي.

الفصل السابع
تشكيل المواد غير المعدنية
"Forming of non - metallic materials"

سبق وأن تم التطرق في الفصول السابقة لأهم عمليات التصنيع المستخدمة في تشكيل المواد وبالأخص للمواد المعدنية، ومن أجل الإلمام بطرق تشكيل المواد غير المعدنية، تم تخصيص هذا الفصل للتطرق لعمليات تشكيل اللدائن والخزفيات والزجاجيات، والتي تعتبر من أهم المواد غير المعدنية المستخدمة في الاعمال الهندسية.

1-7 اللدائن (Plastics)

تشمل اللدائن مجموعة من المواد العضوية الطبيعية والاصطناعية والتي تمتاز بخواص متشعبة، جعلها مؤهلة وملائمة للكثير من الاستخدامات الهندسية. كلمة اللدائن مشتقة من الكلمة الاغريقية (Plastikos)، والتي تعني الشيء الذي بالإمكان قولبته (Moulded) وتشكيله (shaped).

1-1-7 خواص اللدائن (Properties of plastics)

أهم خواص اللدائن ما يلي :

1- السهولة والسرعة في التشكيل وتمتاز منتجاتها بدقة الابعاد والسطوح الجيدة (Good surface finish).

2- الوزن النوعي (Specific weight) الواطيء ومقاومة التآكل (Corrosion).

الفصل السابع
تشكيل المواد غير المعدنية
"Forming of non - metallic materials"

سبق وأن تم التطرق في الفصول السابقة لأهم عمليات التصنيع المستخدمة في تشكيل المواد وبالأخص للمواد المعدنية، ومن أجل الإلمام بطرق تشكيل المواد غير المعدنية، تم تخصيص هذا الفصل للتطرق لعمليات تشكيل اللدائن والخزفيات والزجاجيات، والتي تعتبر من أهم المواد غير المعدنية المستخدمة في الاعمال الهندسية.

1-7 اللدائن (Plastics)

تشمل اللدائن مجموعة من المواد العضوية الطبيعية والاصطناعية والتي تمتاز بخواص متشعبة، جعلها مؤهلة وملائمة للكثير من الاستخدامات الهندسية. كلمة اللدائن مشتقة من الكلمة الاغريقية (Plastikos)، والتي تعني الشيء الذي بالإمكان قولبته (Moulded) وتشكيله (shaped).

1-1-7 خواص اللدائن (Properties of plastics)

أهم خواص اللدائن ما يلي :

1- السهولة والسرعة في التشكيل وتمتاز منتجاتها بدقة الابعاد والسطوح الجيدة (Good surface finish).

2- الوزن النوعي (Specific weight) الواطيء ومقاومة التآكل (Corrosion).

3- امتصاص الاهتزازات (Vibrations) والاصوات(Sounds) .

4- مقاومتها الجيدة للتوصيل الحراري والكهربائي.

كما ان هنالك خواص اضافية أخرى للدائن تؤدي أحياناً الى التقليل من استعمالها، أهم هذه الخواص هي :

1- انخفاض مقاومتها (Strength)

2- عدم ثبات أبعادها (Dimensions) نتيجة للظروف الجوية المختلفة.

3- قابليتها للاحتراق (Flammable).

2-1-7 انواع اللدائن (Types of plastics)

يمكن تقسيم اللدائن استناداً إلى بعض التباين في الخواص الى مجموعتين كبيرتين :

أ- اللدائن المستقرة حرارياً (Thermosetting plastics)

عبارة عن لدائن تتصلد أثناء التسخين بتاثير الحرارة ونتيجة لتفاعلات كيماوية. هذه اللدائن لا يمكن اعادة تليينها وصهرها مرة ثانية، ومن أهم أنواعها الابوكسايدس (Epoxides) والفينولكس (Phenolics).

ب- اللدائن الحرارية (Thermoplastics)

عبارة عن اللدائن التي لا تتصلد وتبقى ليّنة، ولكنها تتصلد بعد التبريد الى درجة حرارة الغرفة. هذه اللدائن يمكن اعادة تليينها وصهرها مرة ثانية ، ومن أهم أنواعها البولستيرين (Polystyrene) والبوليثيلين (Polyethylene)

والنايلون (Nylon) والمطاط الصناعي (Synthetic rubber).

3-1-7 طرق تصنيع اللدائن

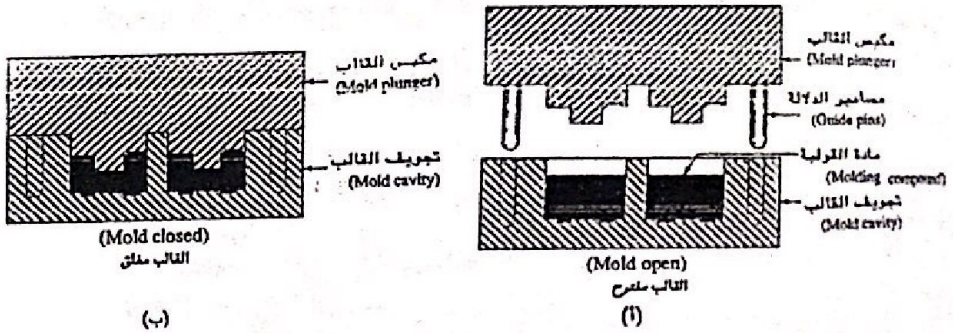
(Manufacturing processes of plastics)

يتم تصنيع معظم انواع اللدائن إما مباشرة من موادها الأولية التي تحضر عادة على شكل مسحوق (Powder) ناعم او حبيبات (Granular) كبيرة نسبياً، أو تتم عملية التصنيع بكبس المادة الأولية وتحويلها إلى أقراص صغيرة (Small pellets)، والتي بدورها يتم تشكيلها بعمليات لاحقة لتحويلها الى منتجات نهائية (Final products).

هنالك طرق متعددة تستعمل للحصول على المنتجات اللدائنية والتي من أهمها :

أ- القولبة بالانضغاط (Compression moulding)

توضع المادة اللدائنية ، والتي تكون على شكل مساحيق او حبيبات أو أقراص في تجويف قالب مسخن، ليتم تليينها وتجهيزها لعملية القولبة، ثم يضغط مكبس في داخل التجويف فتتخذ المادة اللدائنية الشكل المطلوب، شكل (7-1) .



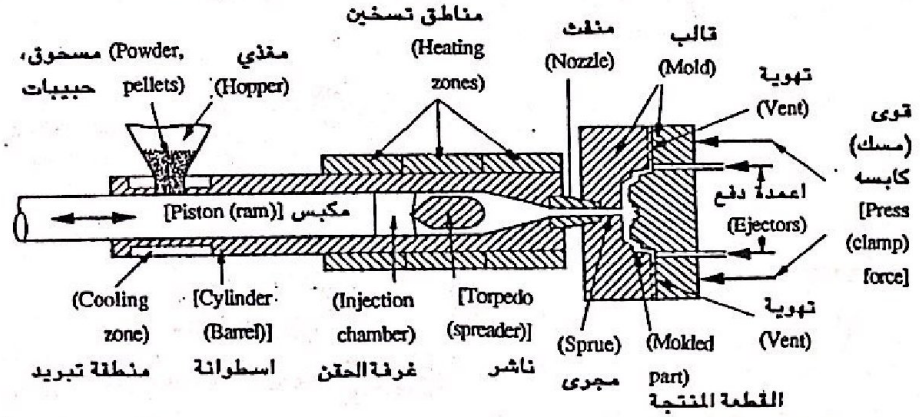
شكل (7-1) أ- المادة اللدائنية في تجويف القالب قبل هبوط المكبس.

ب- اتخاذ المادة اللدائنية في تجويف القالب الشكل المطلوب بعد هبوط المكبس.

ب- القولبة بالحقن (Injection moulding)

الشكل (7-2) يوضح اسلوب عمل هذه الطريقة، حيث يقوم المغذي (Hopper) بتغذية المادة اللدائنية الأولية والتي تكون على شكل مسحوق او حبيبات في داخل الاسطوانة (Cylinder) ، يدفع المكبس (Piston) باتجاه القالب (Mould)، وخلال اندفاع هذه المادة اللدائنية الأولية، يتم تسخينها في مناطق التسخين (Heating zones)، ويساعد الناشر (Spreader) على تقريب المادة اللدائنية من السطوح الساخنة لمناطق التسخين، لضمان انتظام التسخين في كافة اجزاء المادة اللدائنية المندفعة بتاثير ضغط المكبس نحو القالب. تدخل المادة اللدائنية عن طريق المنفث (Nozzle) القالب لتملئ التجويف وتتصلب نتيجة التبريد في القالب، ثم يفتح القالب وتقذف خارجه عن طريق أعمدة الدفع (Ejectors). تمتاز هذه الطريقة عن القولبة

بالانضغاط بسرعة الحصول على المنتجات، وانخفاض التكاليف نتيجة الاعداد الضخمة من المنتجات التي يمكن الحصول عليها من القالب الواحد، كما أنه بالإمكان إنتاج اشكال لدائنية معقدة بهذه الطريقة.

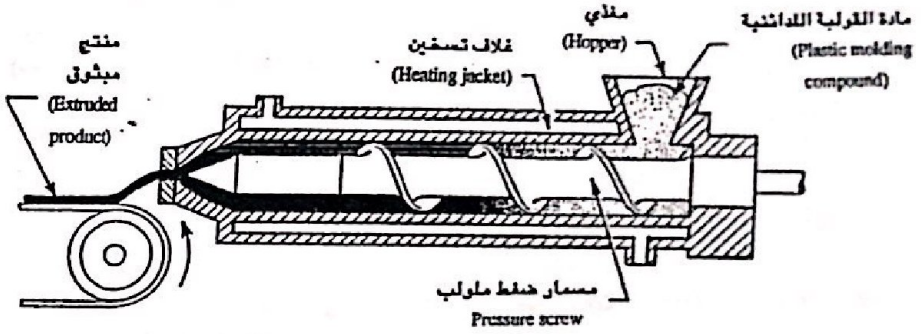


شكل (7-2) القولبة بالحقن.

جـ- القولبة بالبثق (Extrusion moulding)

في هذه الطريقة الموضحة بالشكل (7-3) ، يتم تزويد الاسطوانة بالمادة اللدائنية، التي تكون على شكل مساحيق او حبيبات عن طريق المغذي (Hopper). تندفع المادة اللدائنية الأولية نحو فتحة قالب البثق بواسطة مسمار ضغط ملولب (Pressure screw)، وتسخن عبر اندفاعها بواسطة غطاء التسخين (Heating Jacket)، الذي يحيط بالاسطوانة، بعدها تنبثق الي الخارج متخذة بذلك مقطعاً مشابهاً لمقطع فتحه بثق القالب، وتبرد بواسطة تيار هوائي أو مائي. وتستعمل هذه الطريقة

بشكل واسع لإنتاج الاعمدة او الأنابيب اللدائنية بمقاطع ذات اشكال مختلفة منها الدائرية والمربعة والمسدسة وغيرها. كما تستخدم في اكساء الصفائح (Sheets) الرقيقة والأسلاك (Wires) المعدنية، بالإضافة لما سبق فإن هذه الطريقة بالامكان استخدامها لإنتاج الصفائح والألواح اللدائنية المختلفة .

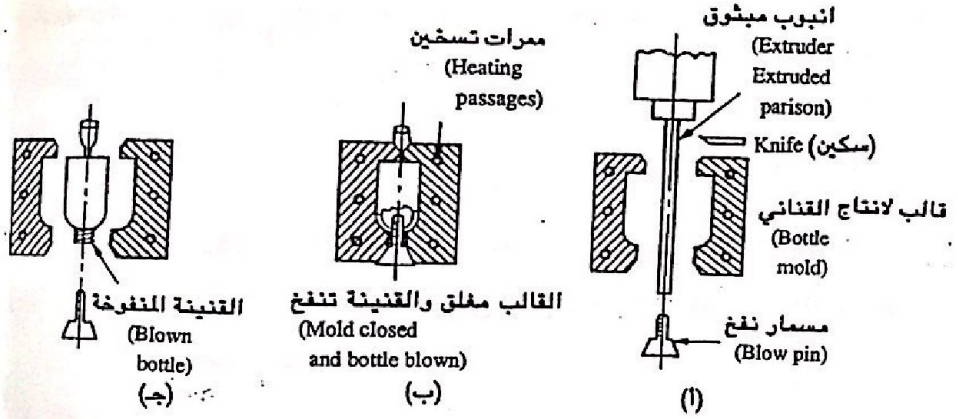


شكل (7-3) القولبة بالبثق .

د- القولبة بالنفخ (Blow moulding)

تستخدم هذه الطريقة والموضحة في الشكل (7-4) لإنتاج الحاويات (Containers) والقناني (Bottles) اللدائنية وغيرها من المنتجات المجوفة، حيث يتم وضع انبوب لدائني بين جزئي قالب يحتوي على تجويف، بعدها يغلق القالب المسخن وينفخ الانبوب بواسطة هواء مضغوط. يتوسع الانبوب نتيجة النفخ وتنطبق جدرانه على الجدران الداخلية لتجويف القالب. بعد انتهاء النفخ يفتح القالب ويستخرج المنتج اللدائني. ومن أجل التقليل من احتمال حصول تشوهات في المنتج ، بسبب عدم

خروج الهواء الموجود في القالب وانحصاره بين جدران الانبوب وجدران التجويف، يزود القالب بفتحات (Vent holes) لخروج هذا الهواء.



شكل (7-4) القولبة بالنفخ.

أ- وضع الانبوب اللدائني المبثوق بين جزئي القالب المسخن.

ب- نفخ الانبوب بعد انغلاق القالب.

جـ- فتح القالب واستخراج المنتج اللدائني.

2-7 الخزفيات (Ceramics)

تستعمل المواد الخزفية كمواد هندسية في الكثير من المنتجات الصناعية كعدد القطع والمرشحات، وتدخل كمواد اساسية في المنشآت المعمارية وصناعة التحفيات والأوعية والأقداح، وغيرها.

وتعتبر المواد الخزفية مواد معقدة التركيب نظراً لتكونها من عناصر فلزية وغير فلزية، ومن هذه المواد الخزفية أوكسيد السليكون (SiO_2) وأوكسيد الألمنيوم (Al_2O_3) وأوكسيد

المغنيسيوم (MgO) وسليكات المغنيسيوم ($MgSiO_2$) وغيرها.

1-2-7 خواص المواد الخزفية (Properties of Ceramics)

1- معظم المواد الخزفية مواد بلورية، إلا أنها تفتقر للإكترونات الحرة، لذلك فإنها مستقرة وثابتة، وبعضها يتمتع بمقاومة عالية للتوصيل الحراري والكهربائي.

2- درجة حرارة انصهارها عالية بالمقارنة بالمعادن .

3- صلادتها ومقاومتها للتآكل بتأثير المواد الكيماوية عالية .

4- تمتاز بالتبلور البطيء، لذلك فبالإمكان تبريدها الى ما تحت درجات انجمادها، وتحويل المقاطع الرقيقة منها الى مقاطع شفافة.

2-2-7 طرق تصنيع الخزفيات
(Manufacturing processes of ceramics)

تتكون المواد الأولية المستخدمة في تصنيع الخزفيات من مواد أولية طبيعية كالطين وسليكات الألمنيوم ، او مواد أولية مصنعة كاوكسيد الألمنيوم والذي يتم الحصول عليه صناعياً من البوكسايت (هيدروكسيد الألمنيوم).

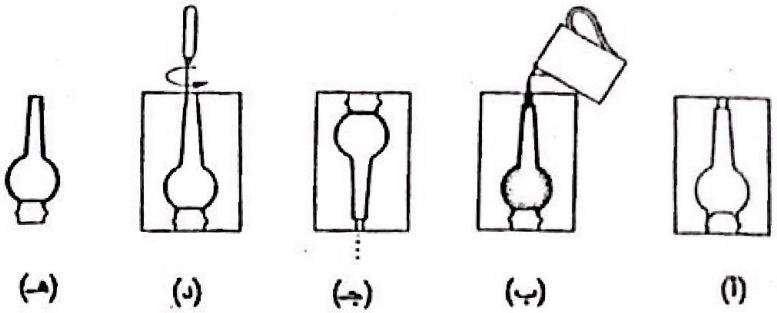
وكمرحلة أولى في التصنيع يتم تكسير (Crushing) هذه المواد الأولية بواسطة درافيل (Rolls) او مطارق (Hammers)، شكل (5-7) ، إلى أجزاء صغيرة، بعدها تستخدم أحد الطرق الآتية للتصنيع :

(أ) (ب)

شكل (5-7) الطرق المستخدمة في تكسير المواد الأولية الخزفية.
أ- التكسير بالدرفلة.
ب- التكسير بالطرق.

أ- السباكة (Casting)

يتم في هذا الأسلوب تشكيل مسحوق المادة الخزفية وهو معلق (Suspension) مع سائل أو ماء، حيث يصب هذا المعلق داخل قالب يحتوي على تجويف ومصنوع من مادة مسامية (Porous material) كالجص (Plaster of paris) ، شكل (6-7). تمتص المادة المسامية السائل، لتترك قشره رقيقة من المادة الخزفية على الجدران الداخلية لتجويف القالب. بعد ذلك يسكب المعلق الفائض، وتشذب (trimming) النهاية العلوية للمنتج ، ويفتح القالب للحصول على المنتج الخزفي.



شكل (7-6) مباكة المواد الخزفية .

أ- القالب.

ب- صب المادة الخزفية المعلقة مع سائل او ماء في القالب .

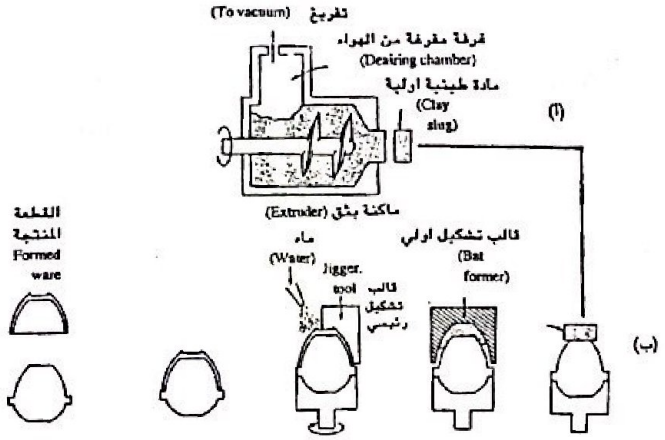
جـ- سكب المعلق من القالب بعد تكون القشرة الرقيقة على الجدران الداخلية لتجويف القالب.

د- تشذيب النهاية العلوية للمنتج قبل فتح القالب لإخراج المنتج.

هـ- المنتج الخزفي.

ب- التشكيل العجائني (Plastic forming)

يطلق على هذه الطريقة أيضاً التشكيل الرطب (Wet) أو اللين (Soft)، وتنجز عملية التشكيل بعدة وسائل منها البثق والقولبة بالحقن وغيرها. في البثق يستخدم الطين (Clay) والحاوي على (20-30) بالمئة ماء، والذي يضغط خلال فتحة قالب البثق بواسطة لولب حلزوني، شكل (7-7أ) ، فيتخذ مقطع الطين المبثوق شكل مقطع فتحه القالب، وتتميز هذه الطريقة برخص الكلفة وسرعة الانتاج.



شكل (7-7) أ- التشكيل العجائني بالبثق.

ب- التشكيل بالكبس. لاحظ استخدام منتج التشكيل العجائني بالبثق كمادة أولية للحصول على المنتجات بالتشكيل بالكبس.

جـ- التشكيل بالكبس (Pressing)

يوضح الشكل (7-7ب) احدى عمليات التشكيل بالكبس، حيث توضع القطعة المطلوب تشكيلها على القالب المتخذ شكلاً مشابهاً لشكل التجويف الداخلي للقطعة المطلوب انتاجها، ثم تضغط القطعة بواسطة معدات تشكيلية خاصة، حسب الشكل الخارجي للمنتج. يضاف الماء لتسهيل عملية التشكيل والتي تتم بتدوير القالب بسرعة مناسبة، ثم يفصل المنتج بعد انتهاء عملية التشكيل من القالب. وتقتصر هذه العملية على المنتجات المتماثلة الشكل بالنسبة لمحور الدوران (Axisymmetric)، كما أن

أبعاد المنتج تكون غير دقيقة عادة، وبالإمكان اتمتة(Automated) هذه العملية.

تجرى عمليات تجفيف (Drying) وحرق (Firing) على كافة منتجات عمليات التشكيل الموضحة اعلاه وذلك لزيادة مقاومتها وصلادتها بالاضافة لإمكانية إكسائها بمواد مزججة (Glaze materials) قبل الحرق لإعطائها مظهراً مناسباً.

3-7 الزجاجيات (Glasses)

استخدمت الزجاجيات كمواد هندسية منذ مقتبل التاريخ، ولقد اكتسب الزجاج أهمية خاصة بعد اكتشاف انبوب النفخ، وعند تحول الزجاج من الحالة السائلة الى الحالة الصلبة، فإنه يجمد بدون تبلور، أي أنه عبارة عن سائل جامد ومن المواد الأمورفيه (غير المتبلورة) ، والتي سبق التطرق إليها في الفصل الثالث.

جميع الزجاجيات تحتوي على السليكا (Silica) بنسبة لا تقل عن (50) بالمئة ، ويعرف السليكا بمكون الزجاج (Glass former)، وبالإمكان تغيير الكثير من خواص الزجاجيات باستخدام المغيرات (Modifiers) كأوكسيد الألمنيوم وأوكسيد الصوديوم وأوكسيد المغنيسيوم وأوكسيد الكالسيوم وغيرها من الأكاسيد. أما ألوان الزجاجيات فتتحقق بإضافة معادن معينة إليها، وذلك لقابلية الزجاجيات العالية لامتصاص أو إذابة الأيونات الفلزية، فاللون الأزرق للزجاجيات يمكن الحصول عليه بإضافة النحاس، واللون الأخضر بإضافة الكروم، واللون الأحمر بإضافة المنغنيز وهكذا.

1-3-7 خواص الزجاجيات (Properties of glasses)

1- الخواص الفيزياوية

تعتبر الزجاجيات موصلات رديئة جداً للكهربائية وللحرارة، وذلك لعدم توفر الإلكترونات الحرة فيها، حيث ان الإلكترونات الموجودة في بنية الزجاجيات تكون مرتبطة بأواصر قوية جداً لا تسمح بحركة الإلكترونات . أما شفافية (Transparency) الزجاجيات فتعود الى عدم تبلور هذه المواد، لذلك لا توجد عوارض يمكن أن تعيق مرور الضوء من خلالها، بسبب عدم وجود الوحدات الأولية وبالتالي البنية البلورية والحدود البلورية ، والتي تعترض مرور الضوء كما يحدث في المواد المعدنية.

2- الخواص الميكانيكية (Mechanical properties)

يعتبر الزجاج من أصلد المواد وهو اصلد من معظم أنواع الفولاذ، ونظراً لانعدام البنية البلورية فيه فإن مقاومتها للشد والانضغاط عالية.

تعتبر صلادة الزجاج العالية من الخواص الرديئة حيث انها تجعل من الزجاج مادة قصفة. ومن ناحية أخرى فإن هذه الصلادة يستفاد منها صناعياً وخاصة في صنع الألياف الزجاجية (Glass fibers) والتي تستعمل لتقوية مواد أخرى لا تمتلك مثل هذه الصلادة كاللدائن.

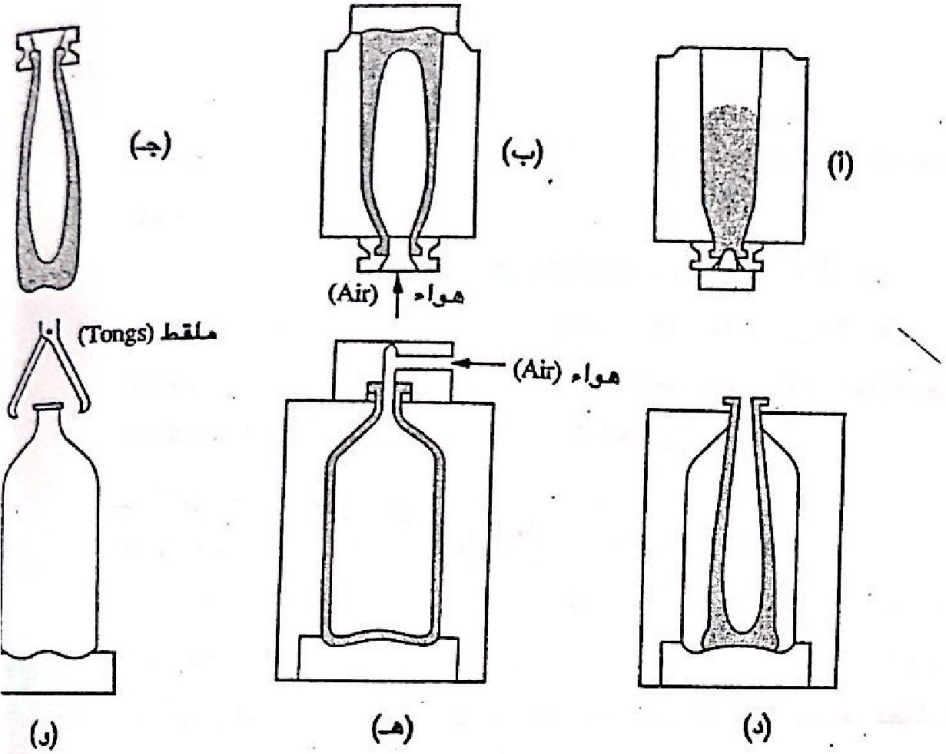
2-3-7 طرق تصنيع الزجاجيات

(Manufacturing procses of glasses)

أ- التشكيل بالنفخ (Blow Forming)

تشكيل الزجاج بالنفخ هو أكثر أساليب تصنيع الزجاج شيوعاً وإقدمها. وبالإمكان إجراء عملية النفخ باستخدام انبوب نفخ مجوف، يوضع داخل الفرن الحاوي على الزجاج المصهور، حيث يسخن إلى درجة حرارة الزجاج الموجود في الفرن، وعند التصاق كمية مناسبة من الزجاج في نهاية الأنبوب،يتم وضعها وهي ملتصقة بنهاية الانبوب داخل قالب ذو شكل معين، ثم تنفخ الكتلة الزجاجية الى الشكل المطلوب.

ويتم اجراء هذه العملية حالياً بصورة آلية، والشكل (7-8) يوضح عملية تشكيل قنينة زجاجية بصورة آلية. حيث يتم أولاً تشكيل المنتج الأولي، الشكل (7-8أ، ب، جـ)، ثم ينقل هذا المنتج الى قالب النفخ لإنتاج المنتج النهائي، الشكل (7-8د، هـ،و).



شكل (7-8) التشكيل بالنفخ.

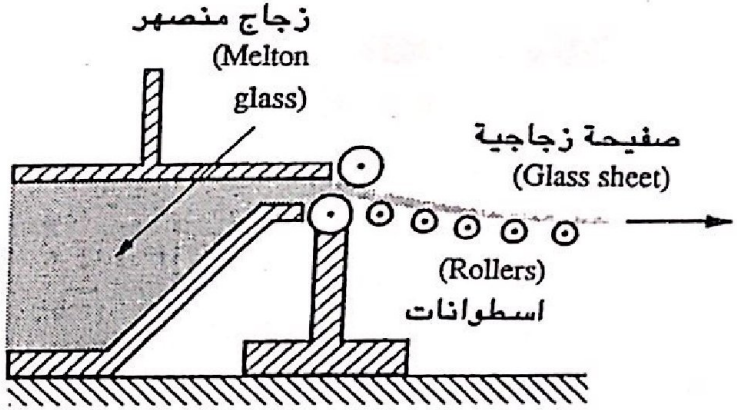
أ- كتلة الزجاج في القالب. ب- النفخ في المرحلة الأولى.

جـ- المنتج في المرحلة الأولى. د- المنتج الأولي في القالب الثاني.

هـ- النفخ الثاني. و- المنتج النهائي.

ب- التشكيل بالدرفلة (Roll forming)

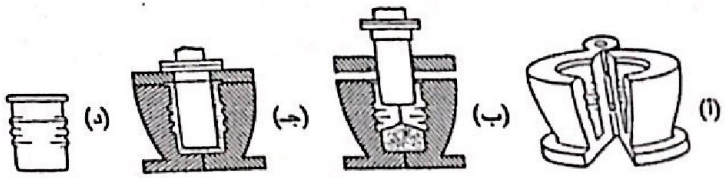
تنتج صفائح الزجاج بعملية الدرفلة، حيث يمرر الزجاج المصهور بين درفلين، حيث يعصر الزجاج المتجمد العجائني بين هذه الدرافيل شكل (7-9) ، وقد تستمر عملية العصر بين درافيل متعاقبة الى أن يتم الحصول على السمك النهائي المطلوب لصفائح الزجاج، أي أن عملية الدرفلة هذه من العمليات المستمرة، كما هو الحال في انتاج الألواح والصفائح المعدنية بعملية الدرفلة.



شكل (7-9) التشكيل بالدرفلة.

جـ- التشكيل بالكبس (Press forming)

في هذه العملية توضع الكتلة الزجاجية المصهورة في تجويف قالب، وتكبس الى الشكل المطلوب بواسطة مكبس، فيتخذ بذلك المنتج شكل التجويف وشكل المكبس،شكل (7-10)، وتكون أبعاد هذه المنتجات اكثر دقة من أبعاد عملية النفخ. ولكن يصعب إنتاج منتجات بسطوح رقيقة بهذه الطريقة، ويصعب كذلك إنتاج القناني الزجاجية وذلك لاستحالة سحب المكبس من القنينة الزجاجية بعد عملية التشكيل.



شكل (7-10) التشكيل بالكبس .

أ- القالب ب- الكتلة الزجاجية تحت ضغط المكبس،

جـ- المنتج في القالب عند انتهاء عملية الكبس د- المنتج.

أسئلة

س1: ما هي اللدائن؟ اذكر أهم خواصها الإيجابية.

س2: وضح الفرق الأساسي بين اللدائن من حيث تأثرها بالحرارة.

س3: عدد الاشكال التي تتواجد بها المواد اللدائنية الأولية قبل عمليات التصنيع.

س4: اشرح مستعيناً بالرسم عمليات تصنيع اللدائن التالية:

أ- القولبة بالانضغاط، ب- القولبة بالنفخ.

س5 : قارن بين عمليات القولبة بالحقن والقولبة بالبثق لتصنيع اللدائن.

س6: ما المقصود بالخزفيات؟ وأين تستخدم ؟ وما هي أهم أنواعها؟

س7: اذكر أهم خواص الخزفيات.

س8: اشرح مستعيناً بالرسم عمليات تصنيع الخزفيات التالية:

أ- السباكة، ب- التشكيل العجائني بالبثق.

س9: اذكر أهم عمليات الإنهاء والتي تتم على المواد الخزفية بعد تشكيلها.

س10: لماذا تعتبر الزجاجيات من المواد الأمورفية ؟

س11: كيف يتم تلوين الزجاجيات؟

س12: اشرح الخواص الفيزياوية والميكانيكية للزجاجيات.