جمهورية العراق

وزارة التربية

المديرية العامة للتعليم المهني

العلوم الصناعية

الصناعي - تكنولوجيا السباكة

الاول

تـــأليـــف

الدكتور كاظم نوري عبد

الدكتور هجران زين العابدين طعمة

المهندس ثائر غازي مجيد

المهندس كاظم تايه غالي

الطبعة الثالثة

1446 هـ - 2024 م

التسلسل	المحتويات	الصفحة
	المقدمة	6
الفصل الأول	المواد الهندسية \ Engineering Materials	7
1-1	تمهيد.	8
2-1	تصنيف المواد الهندسية.	8
3-1	المعادن الحديدية.	9
4-1	المعادن غير الحديدية.	10
5-1	المعادن والسبائك المعدنية.	12
6-1	اللدائن .	19
7-1	الحراريات.	22
8-1	المواد المركبة.	28
9-1	أسئلة الفصل الأول.	31
الفصل الثاني	تصنيع المواد الهندسية Manufacturing of Engineering materials	32
1-2	تمهيد .	33
2-2	طرق التصنيع .	33
3-2	عمليات التشكيل	34
1-3-2	السباكة .	35
2-3-2	تشكيل المعادن.	36
3-3-2	تشغيل المعادن	45
4-2	الربط والوصل	53
5-2	تكنولوجيا المساحيق	61
6-2	اسئلة الفصل الثاني	63
الفصل الثالث	مبادئ اساسية في السباكة Fundamental Principles of Casting	64
1-3	تمهيد	65

2-3	الاهمية الاقتصادية والصناعية للسباكة	66
3-3	المسبك(انواع المسابك – اقسام المسبك – الموقع والتوسع)	67
4-3	طرق السباكة	75
5-3	السباكة في القوالب الرملية	75
6-3	السباكة في القوالب الدائمية	78
7-3	طرق اخرى في السباكة	81
8-3	أنواع المصبوبات	82
9-3	الثالث الفصل أسئلة	88
الفصل الرابع	ادوات القياس ومعدات السباكة Measuring Tools and Equipment of Casting	89
1-4	تمهيد	90
2-4	ادوات القياس	90
3-4	عدد ومعدات المقالبة الرملية في ورش السباكة	119
4-4	معدات رفع البوادق ونقل المعدن المصهور	124
5-4	ماكينات ومعدات المناولة الانتاجية الحديثة	134
4-6	أسئلة الفصل الرابع.	144
الفصل الخامس	رمال السباكة Sand Casting	145
1-5	.تمهيد	146
2-5	انواع رمال السباكة	146
3-5	خصائص رمال السباكة	149
4-5	المواد الرابطة لرمال السباكة والاضافات	150
5-5	اختبارات رمال السباكة	152
6-5	تحضير عينة الاختبار	152
7-5	تحديد شكل وحجم حبيبات الرمل وتوزيعها	154
8-5	التحليل المنخلي والتوزيع الحجمي لحبيبات الرمل	156
9-5	تعيين درجة نعومة حبيبات الرمل	158

10-5	حساب نسبة الطين في الرمل.	159
11-5	تعيين نسبة الرطوبة في الرمل	160
12-5	اختبار قابلية التخلل النفاذية للرمل	162
13-5	اختبار مقاومة الرمل الضغط القص والشد	163
14-5	اختبار صلادة رمل القالب	166
15-5	اسئلة الفصل الخامس	167
الفصل السادس	السباكة الرملية Sand Casting	168
1-6	تمهيد	169
2-6	العمليات الاساسية للسباكة الرملية	169
3-6	خطوات السباكة الرملية	169
4-6	تجهيز النموذج	170
5-6	عناصر منظومة الصب والتغذية	174
6-6	تجهيز القالب الرملي	179
7-6	تجفيف القالب الرملي	184
8-6	صهر المعدن	184
9-6	صب المعدن المنصهر	185
10-6	نزع المسبوكة من القالب وتنظيفها	187
11-6	فحص المسبوكات	189
12-6	اسئلة الفصل السادس	190

بسم الله الرحمن الرحيم

المقدمة

ان التقدم العلمي والتكنولوجي السريع أستوجب تطوير المناهج والخطط الدراسية لمراحل التعليم كافة واعتماد كل ما هو جديد فى مجالات المعرفة من أجل الوصول الى المراحل المتطورة في عالم التكنولوجيا .وعلى هذا الأساس يسر المديرية العامة للتعليم المهني أن تضع هذا الكتاب بين يدي طلبتنا الأعزاء أدراكا منها بأهمية تحديث وتطوير المناهج الصناعية وجعلها مستوفية للمتطلبات العلمية والفنية ومنسجمة مع مناهج التدريب العملي والتسهيلات التعليمية الحديثة في المجالات العملية ومنسجمة كذلك مع المواصفات التربوية الحديثة .تضمن كتاب العلوم الصناعية للصف الأول ستة فصول، وأدراكا لأهمية المصطلحات العلمية فقد روعي أضافة المهم منها باللغة الإنكليزية في المتن، كما ألحق بها فهرس يتضمن المصطلحات المتداولة بالإنكليزية والعربية لتيسير مهمة الدارسين .نأمل أن يكون هذا الكتاب مساهمة متواضعة تحقق فائدتها للأخوة المدرسين والفنيين والطلبة الصناعيين في الأقسام النظرية والعملية .إننا نقـــدر أي جهد من قبـــل زملائنا يساهم في تصويب و تعديل وتطوير محتويات الكتاب .لذا نأمل مـــن إخواننا المدرسين والمدرسات تزويدنا بملاحظاتهم واقتراحاتهم من أجل تطوير الكتاب حرصا على إتمام الفائدة لطلبتنا الأعزاء.

والله ولي التوفيق

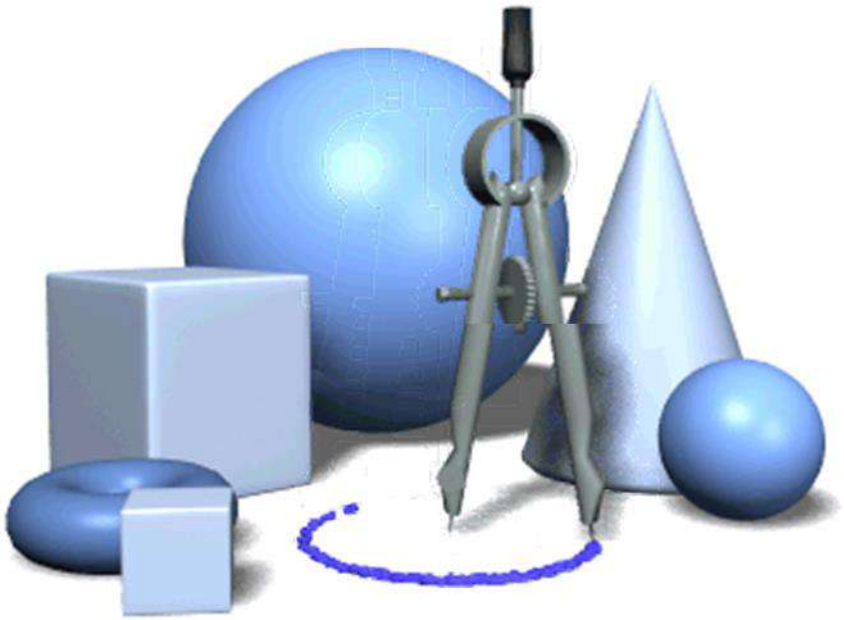
المؤلفون

2014 – 1435هـ

الفصل الأول

المواد الهندسية

Engineering Materials



اهداف الفصل :

بعد اكمال دراسة الفصل يكون الطالب قادراً على ان :

1 - يعرف انواع المواد الهندسية واستعمالاتها .

2 - يفهم خواص المواد المعدنية واللدائن والحراريات والمواد المركبة .

3 - يتعرف على عمليات المعالجة الحرارية للمعادن .

4 - يفهم خطوات انتاج الحراريات .

5 - يميز بين انواع السبائك والنظم السبائكية .

6 - يميز بين مكونات المواد المركبة .

1-1 تمهيد

يستعمل الانسان في حياته اليومية مواد متنوعة لتلبية احتياجاته , وان عدد كبير من هذه المواد مصنع بطرق مختلفة لكي تلبي متطلبات السكن , الاثاث , الملابس , النقل , الصحة , الدفاع وغيرها من الاستعمالات .

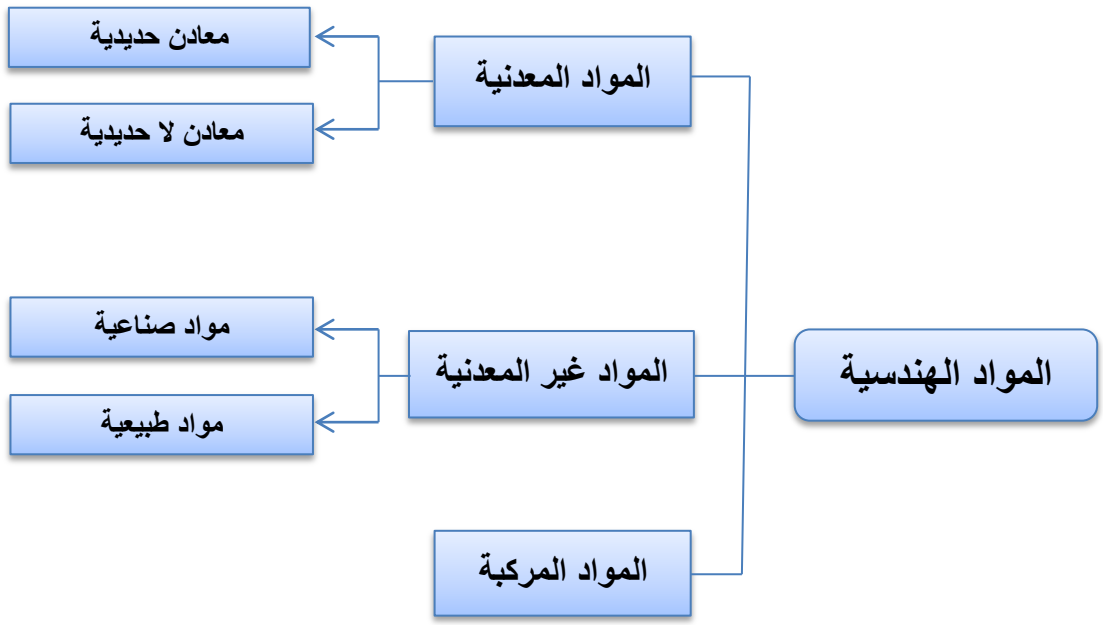
تصنع المواد الهندسية حسب المواصفات المطلوبة في الوقت الحاضر لتكون بمواصفات عالية من حيث خواصها الفيزيائية والكيميائية وعدم تلوثها للبيئة , وبصورة عامة فان اختيار المواد الهندسية يعتمد على ما يأتي :

1 – العوامل الاقتصادية : وتشمل الكلفة والوفرة وسهولة الانتاج .

2 – الخواص الهندسية : وتشمل الموصلية الكهربائية , سهولة التشكيل ومقاومة التآكل .

2-1 تصنيف المواد الهندسية

من المعروف ان أي مادة مستعملة او ستستعمل مستقبلاً فإنها تخضع الى عمليات تصنيعية معينة لإنتاجها بشكل ملائم لاستعمالاتها لذا تصنف المواد الهندسية من اجل دراسة خواصها وتحديد استعمالاتها وان افضل طرق التصنيف هو تقسيمها الى مجاميع كما في الشكل الآتي:



الشكل(1-1) تصنيف المواد الهندسية

1- المواد المعدنية : والتي يمكن تصنيفها إلى :

أ- معادن حديدية : وهي المواد التي يشكل الحديد النسبة الأكبر من مكوناتها.

ب- معادن لا حديدية : وهي المعادن التي لا يدخل الحديد في تركيبها .

2- المواد غير المعدنية : وهي المواد التي لا تدخل المعادن في تركيبها أو إنها تدخل في التركيب بشكل آخر (اكاسيد أو نترات ..إلخ) ومنها المواد السيراميكية والمواد الزجاجية والمواد اللدنة (البلاستيك) والمواد الأخرى مثل الخشب والمطاط...إلخ. كما يمكن إضافة المواد المركبة ضمن هذا التصنيف.

3-1 المعادن الحديدية

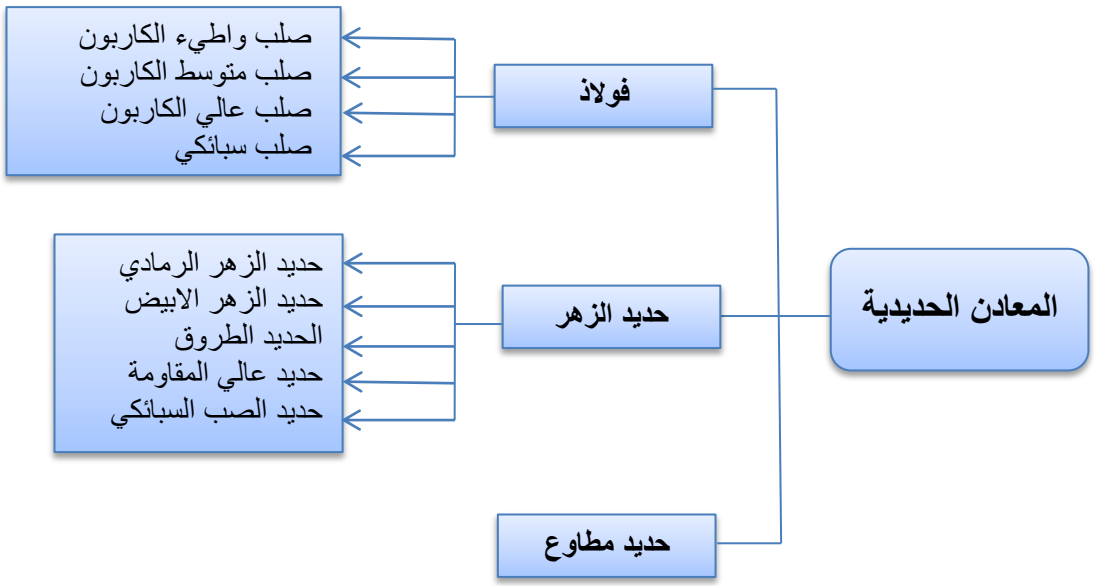
بصورة عامة فان المعادن الحديدية تمتاز بما يأتي :

1 – تحوي على نسبة عالية من معدن الحديد .

2 – تعد من اقوى المواد وتستعمل في التطبيقات التي تحتاج الى اجهادات عالية مع كلفة قليلة .

3 – تستعمل في مجالات عديدة ابرزها بناء الجسور , هياكل الابنية الكبيرة , خطوط السكك الحديدية وهياكل المكائن .

تصنف المعادن الحديدية الى مجاميع وكما مبين في الشكل أدناه :



شكل(1-2) تصنيف المعادن الحديدية

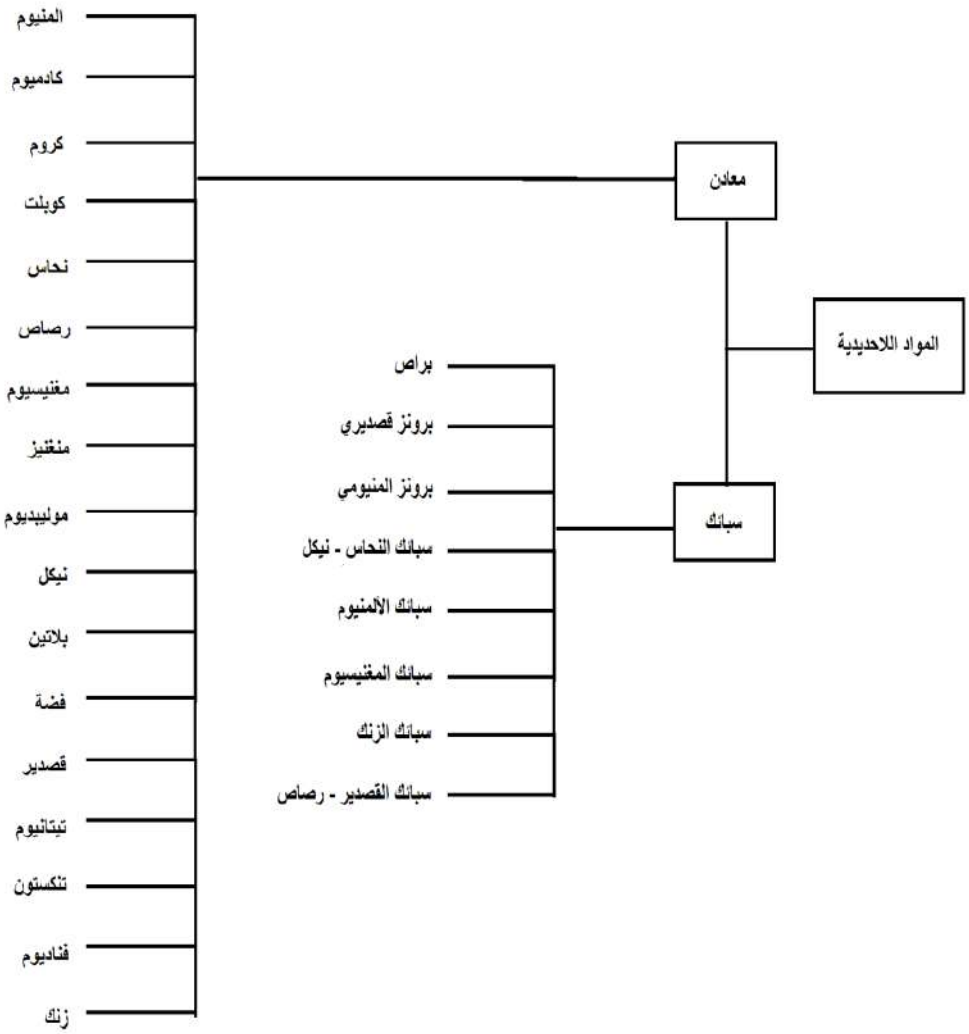
4-1 المعادن غير الحديدية : وتمتاز بما يأتي :

1 – معادن نقية وهي نادراً ما تستعمل في بناء الهياكل وذلك لضعف تحملها للإجهادات.

2 – تمتاز بمقاومتها العالية للتآكل والتوصيل الجيد للكهرباء والحرارة لذلك لها استعمالات خاصة .

3 – استعمالاتها مع معادن اخرى يعمل على تحسين مقاومتها للإجهادات .

تصنف المعادن والسبائك اللاحديدية كما في المخطط الاتي :



الشكل(1-3) تصنيف المعادن اللاحديدية

المواد غير المعدنية :

هذه المواد لا توجد في الطبيعة ولكنها تصنع من مواد طبيعية مثل النفط , الفحم , الاطيان والشكل (1-4) يبين تصنيف هذه المواد :

تصنع هذه المواد على وفق القولبة بأشكال وانواع مختلفة وبكلفة منخفضة , وهي تبدي مقاومة جيدة للتآكل .

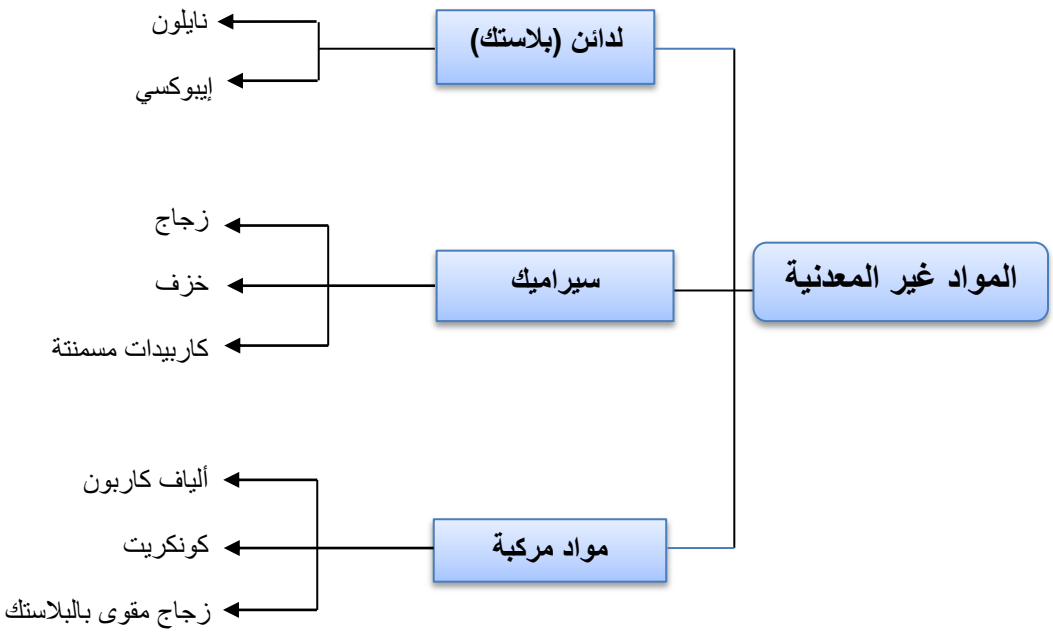
مواد لا معدنية (طبيعية) :

وهي مواد منوعة وكثيرة ولكن قسماً منها يستعمل في تطبيقات عديدة مثل:

1 – الخشب : وهو مادة طبيعية مكونة من ألياف مركبة تستعمل في صناعة قوالب الصب .

2 – المطاط : وهو مادة مرنة لهُ القابلية على الرجوع الى وضعهُ الأصلي بعد إزالة القوة المسلطة عليه، حيث يستخدم في صناعة الانابيب المطاطية المستعملة في منظومات الهواء المضغوط ومنظومات الهيدروليك وصناعة الاطارات عند خلطه بمادة اسود الكاربون .

الشكل ادناه يبين تصنيف المواد الغير المعدنية :



شكل(1-4) تصنيف المواد غير المعدنية

5-1 المعادن والسبائك المعدنية

المعادن (metals): هي أجسام بلورية تتوزع ذراتها توزيعاً منتظماً، وتحوي على عدد كبير من البلورات الصغيرة متباينة الاتجاهات. والمعادن غير شفافة ولها بريق، تمتاز في الحالة الصلبة بموصلية عالية للحرارة والكهرباء . وتزداد المقاومة الكهربائية بارتفاع درجة حرارة المعدن. أما السبائك (alloys) المعدنية فهي خليط من عنصرين معدنيين أو أكثر للحصول على مادة ذات خواص ميكانيكية مثل الصلادة ومقاومة الشد والمتانة والقساوة وغيرها، أو كيميائية (مقاومة التآكل) تتفوق على خواص أي من العنصرين. وتأخذ السبيكة اسم المعدن الموجود بنسبة أكبر يعرف باسم المعدن الأساس، أما المعادن والمواد الأخرى المضافة فتعرف بأنها عناصر سبائكية . إن معظم المواد المعدنية المستعملة في الوقت الراهن هي في صورة سبائك فيما عدا القليل منها مثل الأسلاك الكهربائية المصنوعة من النحاس النقي.

عَرف الإنسان المعادن واستعملها منذ أكثر من خمسة آلاف سنة، حيث استعملت في بادئ الأمر المعادن غير الحديدية (الذهب والفضة والقصدير والنحاس وغيرها)، وبعد ذلك بدأ استعمال المعادن الحديدية.

إن أول معدن تم اكتشافه والتعرف عليه هو الذهب، لوجوده في القشرة الأرضية بصورة حرة ونقية، وبسبب بريقه وقابليته للطرق فقد تمكن الإنسان من تشكيله في أشكال مختلفة من الحلي والتحف والأدوات. ثم اكتشف لاحقاً النحاس أو سبائكه واستعمله في صناعة الأدوات والمعدات التي احتاج إليها الإنسان. بعد التطور الواسع في صناعة النحاس وسبائكه والاستفادة منه في كثير من التطبيقات بدأ البحث عن مواد معدنية جديدة ذات خواص أفضل، وهذه كانت بداية الحديد وسبائكه. واستُخدم الرصاص على نطاق واسع وأنتج بكميات كبيرة لاستعماله كمادة عازلة للسطوح وفي صناعة الأنابيب وغيرها.

وفي عام (1780) أثبت البريطاني بريستلي (Priestley) أن الفولاذ (الصلب) هو اتحاد بين الحديد والكربون, وكان كل من البريطاني بسمر(Bessemer) والألماني سيمنز(Siemens) من الأوائل الذين توصلوا إلى أهم طريقتين لاستخلاص الفولاذ من الحديد الصب باستعمال محول بسمر والفرن المفتوح. كما بدأت في هذه الفترة صناعة الأنابيب باستعمال عمليتي الدرفلة واللحام كما عُرفت عمليات البثق ولا يدخل الحديد في تركيبها. نذكر على سبيل المثال الألمنيوم والنيكل... إلخ.

معالجة المعادن (Heat Treatment)

تعد المعالجة الحرارية للمعادن أهم حلقات تقنيات إنتاج القطع نصف المصنعة لتحسين خواص المعدن (مثل قابلية التشكيل والقص وغيرها)، أو عملية نهائية لإعطاء المعدن مجموعة من الخواص الميكانيكية والفيزيائية والكيميائية. ويتم تحقيق هذه الغاية بإعطاء القطعة المعدنية كمية من الحرارة ثم تبريدها بحسب برنامج معين، وتتغير البنية البلورية للمعدن في أثناء ذلك.

تعتمد المعالجة الحرارية للمعادن على ثلاث عمليات أساسية:

1 - التسخين : ويتم بوضع المعدن في فرن بارد وتسخينه تدريجياً مع الفرن، أو بوضع المعدن في فرن درجة حرارته هي درجة الحرارة المراد تسخين المعدن إليها. وبهذا فإن السطح الخارجي للمعدن يتلامس مع الجو الساخن للفرن الذي يختلف باختلاف نوع الفرن المستعمل.

2 - الإبقاء في درجة الحرارة (زمن الإبقاء) : إن الغاية من إبقاء المعدن في درجة حرارة عالية هي إيصال الحرارة إلى الطبقات الداخلية من المعدن وكذلك إحداث التغيرات الطورية المنتظرة في المعدن .

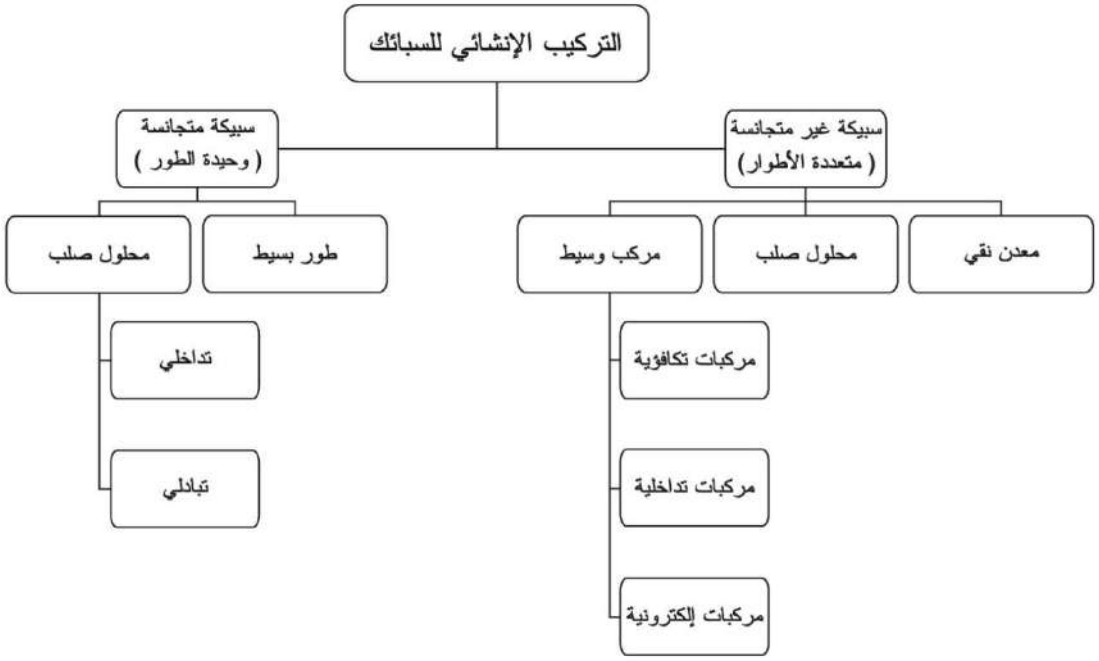
3 - التبريد : بعد الانتهاء من العمليتين السابقتين لا بد من تبريد المعدن إلى الدرجة العادية من الحرارة. وتختلف سرعة التبريد باختلاف نوع المعالجة المطبقة على المعدن. ونحصل على أصغر سرعة تبريد بترك المعدن والفرن يبردان معاً. كما يمكن الوصول إلى سرعة تبريد صغيرة بوضع المعدن في رمل أو رماد ساخن . أما التبريد الطبيعي فيتم بترك المعدن يبرد في مكان جاف وهواء ساكن . وتنتهي أكثر أنواع المعالجة بالتبريد البطيء أو التبريد الطبيعي . ولا يستعمل التبريد السريع إلا من أجل سقاية المعدن، وأهم مغاطس التبريد السريع هي الماء أو الزيت.

السبائك (Alloys)

إن المعادن النقية تكون عادة لينة جداً وضعيفة لذلك لا تصلح للعديد من الاستعمالات الصناعية، كما أن مقاومتها للعوامل الكيميائية المحيطة في أغلب الأحيان ضعيفة مثل مقاومة التآكل ونتيجة لذلك يتم خلطها مع بعضها لتصنيع السبائك. يحوي النظام السبائكي على جميع السبائك التي يمكن أن تتكون بإذابة عناصر عدة مع بعضها في جميع التراكيز المحتملة

والممكنة. يطلق على السبيكة المكونة من عنصرين اسم سبيكة ثنائية، أما إذا كانت مكونة من ثلاثة عناصر فهي سبيكة ثلاثية.

يعتمد تصنيف نظُم السبائك المعدنية على الآتي: العناصر المكونة للسبيكة، وتركيب البنية، ونوع مخطط التوازن، وطبيعة التركيب الفيزيائي. ويوضح الشكل (1 – 5) الأنواع المختلفة للنظم السبائكية.



الشكل (1 - 5)الأنواع المختلفة للنظُم السبائكية

السبائك المتجانسة (وحيدة الطور) : هي السبائك متعددة البلورات، وتتميز بالخواص الآتية:

أ- التركيب الكيميائي منتظم في جميع أجزائها فلا يوجد اختلاف في تركيز العناصر في الحبيبات المختلفة.

ب- وحيدة التركيب البلوري حيث انه لا يختلف من موقع إلى آخر.

تتكون السبائك وحيدة الطور من المحاليل الصلبة التبادلية أو التداخلية. وتتصف السبائك وحيدة الطور بالمزايا الآتية :

1- زيادة المقاومة والصلادة ، والسبب في ذلك أن ذرات العنصر المذاب تعيق حركة ذرات العنصر المذيب .

2- انخفاض التوصيل الحراري والكهربائي ويعود السبب في ذلك إلى عدم انتظام المجال الكهربائي في بلورات السبيكة .

السبائك غير المتجانسة (متعددة الأطوار) : تتكون السبيكة من أطوار عدة مختلفة عن بعضها من حيث البنية البلورية وكذلك تكون البنية المجهرية متباينة، ويختلف التركيب الكيميائي من طور إلى آخر مجاور له، أي إن نسب العناصر المكونة للسبيكة تختلف بين طور وآخر. من أهم السبائك متعددة الأطوار سبائك الحديد وسبائك النحاس. تتميز السبائك متعددة الأطوار في الاستعمالات والتطبيقات الصناعية نظراً لقابليتها للمعالجات الحرارية، وبذلك يمكن التحكم في خواصها الميكانيكية مثل الصلادة والمتانة والمرونة وغيرها والوصول بها إلى تحقيق الشروط المطلوبة، ويعتمد ذلك على:

- التحكم في تركيب كل طور من أطوار السبيكة على حدة.

- تغيير نسب العناصر بين كميات الأطوار المكونة للسبيكة.

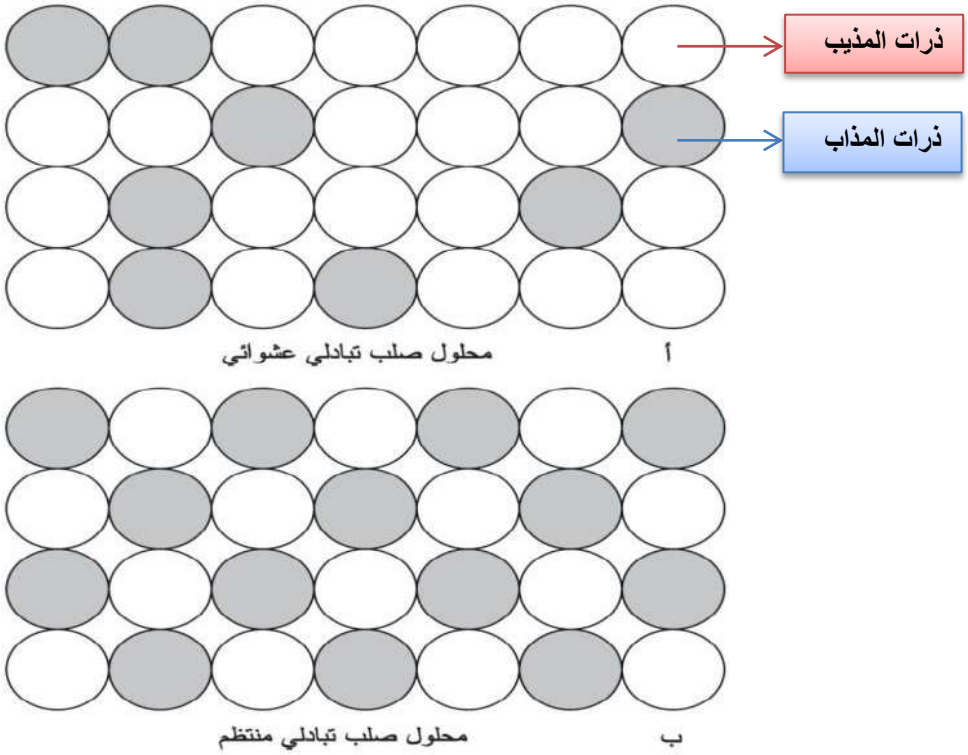
المحاليل الصلبة : عند ذكر المحاليل الصلبة يتبادر مباشرة إلى الأذهان السوائل التي أُذيبت فيها بعض المواد الصلبة. إن المحاليل الصلبة هي عبارة عن سبيكة معدنية تم صهرها، فإذا كانت قابلة للذوبان بعضها مع بعض في الحالة الصلبة، تنتج عند تبريدها وتجمدها مركب مكون من المادة المذيبة وهي العنصر الذي تكون نسبته الأكبر في السبيكة، ومن المادة المذابة وهي العنصر ذي التركيز الأقل. يبدو هذا المركب عند فحصه بالمجهر الضوئي كأنه معدن نقي ومن المستحيل التمييز بين أي من مركباته، ولكن التحليل الطيفي يؤكد أنه مكون من عنصرين أو أكثر مذابة مع بعضها البعض.

تقسم المحاليل الصلبة إلى :

أ- المحاليل الصلبة التبادلية : تحل ذرات المعدن المذاب محل ذرات العنصر المذيب وتدخل في بناء الهيكل الشبكي له ويكون إحلال الذرات في معظم سبائك المحاليل الصلبة بشكل غير منتظم ويدعى هذا بالمحلول الصلب التبادلي العشوائي الشكل(1 – 6)، حيث تزداد فرصة الإحلال العشوائي بزيادة درجة الحرارة.

في حالات نادرة تتشكل محاليل صلبة منتظمة ويعرف هذا المحلول باسم الشبكية المتفوقة. يحتمل وجود المحاليل الصلبة المنتظمة عند درجات الحرارة المنخفضة وتتميز هذه السبائك بصلادة عالية مع درجة من الهشاشة (التقصف).

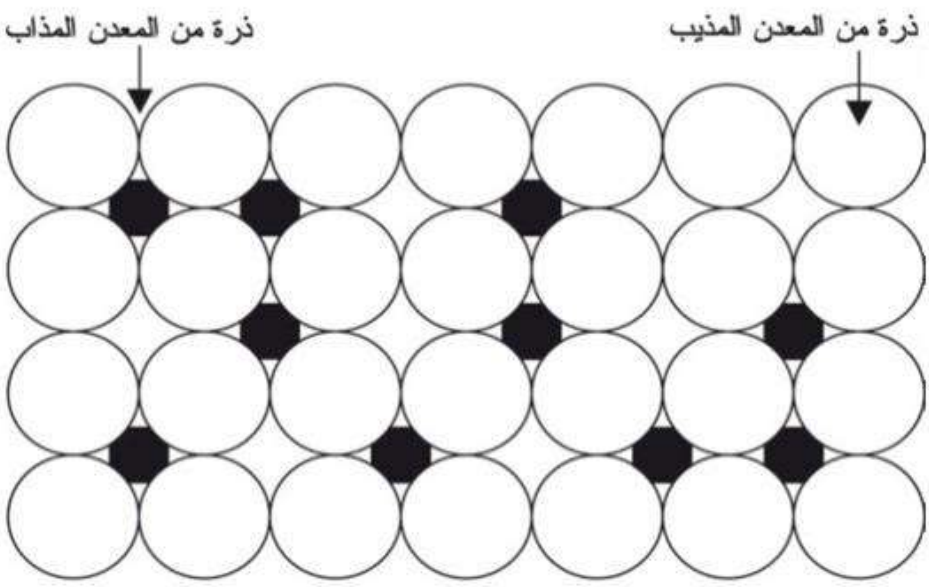
يمكن أن يكون الذوبان في المحاليل الصلبة التبادلية محدوداً كما في حالة سبائك الألومنيوم - نيكل. أو يكون الذوبان مطلقاً مثل سبائك النحاس - نيكل.



الشكل (1-6) المحلول الصلب التبادلي أ- العشوائي ب- المنتظم

ب- المحاليل الصلبة التداخلية: وتعرف أحياناً بالمحاليل البينية حيث تقع ذرات العنصر المذاب في الفراغات بين ذرات المعدن الأساسي الشكل (1 - 7) ، لا يحدث هذا النوع من الذوبان إلا إذا كانت ذرات العنصر المذاب أصغر حجماً بكثير من حجم ذرات العنصر المذيب، حتى تتمكن من احتلال الفراغات بين الذرات. إن إمكانية تشكل هذه المحاليل تكون أكبر عندما يكون قطر الذرة المذابة أقل من (59.0) من حجم الذرات المذيبة. لقد وجد أن المعادن الانتقالية أكثر قابلية لتشكيل المحاليل الصلبة التداخلية من المعادن الأخرى. وأهم العناصر الانتقالية(الحديد، النيكل، الكروم، الفناديوم، المنغنيز، التنكستن، الموليبدنيوم، التيتانيوم).

أهم مثال على المحاليل الصلبة التداخلية، ذوبان الكربون في الحديد لتكوين محاليل صلبة مختلفة من الكاربيدات التي هي أساس صلادة الفولاذ .



الشكل(1-7) المحلول الصلب التداخلي

تتكون السبائك عادة من فلزين او اكثر مثل الحديد والكروم ، الحديد والمنغنيز، الحديد والفناديوم ، الحديد والنيكل ، ويمكن ان تتكون من فلز وعناصر لا فلزية مثل الكربون .

تحضير السبائك:

1 - تحضر السبائك عادة بصهر الفلزات مع بعضها وترك المنصهر يبرد تدريجيا .

2 - الترسيب الكهربائي :يمكن الحصول على السبائك بالترسيب الكهربائي لفلزين او اكثر في نفس الوقت ، مثل تغطية المقابض الحديدية بالنحاس الأصفر (نحاس+ خارصين) وذلك بترسيبه كهربائياً من محلول يحتوي أيونات النحاس والخارصين على هذه المقابض .

انواع السبائك

1 - السبائك البينية :

يتكون الحديد النقي من شبكة من ذرات الفلز المرصوصة رصاً محكماً . وعند الطرق يمكن ان تتحرك طبقة من ذرات الفلز فوق طبقة اخرى , ولكن اذا ادخل فلز الى الفلز النقي لتكون سبيكة فأما ان تكون هذه الذرة كبيرة ووجودها في السبيكة يؤثر في انزلاق طبقات الفلز على بعضها ، أي يغير من خواص الفلز النقي ، واذا كانت الذرات الداخلة الى الفلز النقي اصغر يمكن ان تدخل في المسافات البينية وهذا يؤدى ايضا الى تغيير النظام في الطبقات فلا تنزلق على بعضها كما في الفلز النقي , كما تؤثر هذه الذرات في الخواص

الميكانيكية مثل الطرق والسحب وتؤثر ايضا في درجات الانصهار والتوصيل الكهربائي والخواص المغناطيسية والصلابة .

2- السبائك الاستبدالية :

يتم فيها استبدال ذرات الفلز الاصلي بذرات الفلز المضاف مثل سبيكة الحديد والكروم في الصلب الذى لا يصدأ ويحدث ذلك عندما تكون ذرات السبيكة لها نفس القطر والشكل البلوري والخواص الكيميائية مثل (الذهب والنحاس) .

3 - سبائك المركبات البينفلزية :

فى هذا النوع تتحد العناصر المكونة للسبيكة اتحاداً كيميائياً فتتكون مركبات كيميائية تكون لها خواص جديدة غير خواص الفلز النقي ، فمثلا يحتوى الصلب الكربوني على مركبات الحديد مع الكربون (Fe_3C) ويسمى السيمنتايت ويوجد ايضا في الحديد الزهر والصيغة الكيميائية لهذه المركبات لا تخضع لقوانين التكافؤ وهى مركبات صلبة تتكون من فلزات لا تقع في مجموعة واحدة من الجدول الدوري .

تركيب السبائك

يمكن التعبير عن تركيب السبائك إما بنسبة مئوية للوزن (نسبة مئوية وزنية) وإما بنسبة مئوية للذرات (نسبة مئوية ذرية). إن حدود الإذابة هي عدد الذرات التي يمكن أن تحل محل الذرات الأخرى أكثر من نسبة وزنية ، ولكن في الاستعمالات الهندسية يتم التعبير عن تكوين السبائك وتركيبها بنسبة وزن كل عنصر إلى وزن السبيكة الكلي. لذلك من الضروري معرفة العلاقة بين النسبة المئوية الوزنية والنسبة المئوية الذرية، وكيف يتم التحويل بينهما. فعند معرفة النسبة المئوية الوزنية لعنصرين يمكن تحديد النسبة المئوية الذرية للعنصر الأول من العلاقة (1)، والنسبة المئوية الذرية للعنصر الثاني من العلاقة (2) .

$$\text{النسبة المئوية الذرية}1 = \frac{1\left(\frac{\text{الوزن}}{\text{الوزن الذري}}\right)}{1\left(\frac{\text{الوزن \%}}{\text{الوزن الذري}}\right) + 2\left(\frac{\text{الوزن \%}}{\text{الوزن الذري}}\right)} \times 100 \quad \text{العلاقة (1)}$$

$$\text{النسبة المئوية الذرية 2} = \frac{2\left(\frac{\text{الوزن}}{\text{الوزن الذري}}\right)}{1\left(\frac{\text{الوزن \%}}{\text{الوزن الذري}}\right) + 2\left(\frac{\text{الوزن \%}}{\text{الوزن الذري}}\right)} \times 100 \quad \text{العلاقة (2)}$$

6-1 اللدائن (Plastic)

اللدائن وتسمى ايضا البلاستيك (Plastic) مصطلح يطلق على مجموعة من المنتجات المصنعة من البوليمرات.

البوليمرات هي عبارة عن مركبات ذات كتلة جزيئية كبيرة تنتج من اتحاد جزيئات صغيرة تدعى مونومرات ومن الامثلة عليها السيليلوز الذي هو بوليمر طبيعي مكون من عدد كبير من وحدات الكلوكوز ($C_6H_{12}O_6$) والبوليستايرين (بوليمر صناعي) مكون من عدد كبير من وحدات صغيرة تدعى الستايرين ($C_6H_5CCH=CH_2$).

والبوليمرات مركبات ذات اهمية كبيرة في حياة الانسان فهي جزء من بناء جسمه الحي ومثال عليها البروتينات التي تبني اجسام الكائنات الحية .

وبوليمر البولي فنيل كلورايد (Polyvinyl Chloride) (PVC) الذي يتكون من مونومرات ($H_2C=CHCl$) ويستخدم في صناعة انابيب البلاستيك الصحية ومواد العزل الكهربائي والحراري .

يُعد البلاستيك نوع من أنواع المواد العضوية وشبه العضوية والبوليمرات المصنعة . وتوجد انواع عديدة من البلاستيك تستعمل في مجالات صناعية ومنزلية عديدة .

تتكون البوليمرات في البلاستيك من جزيئات صغيرة تسمى مونومرات. وتتكون أغلب هذه الجزيئات من ذرات الكربون والهيدروجين والنيتروجين والأوكسجين. ويتضمن بعضها ذرات الكلور والفلور والسليكون والكبريت. وتتكون السلسلة البوليمرية من مئات أو آلاف أو حتى ملايين من حلقات المونومرات. وتصنع هذه الحلقات في بعض البوليمرات من نفس النوع من المونومرات، وتتكرر الحلقات مرات ومرات. وقد يكون لسلاسل البوليمر أفرع أو تكون بدونها، وقد يكون للسلسلة أفرع من جانب واحد فقط أو يكون متبادلاً من جانب لآخر .

وقد تحزم السلاسل بعضها مع بعض في صف مستقيم لتصنع مادة صلبة قاسية متبلورة، أو قد تبقى متشابكة وتنتشر متباعدة لتصنع مادة هشّة مطاطية. وتعتمد خواص البلاستيك على أنواع المونومرات في سلاسل البوليمر وطول السلاسل وترتيبها . ويمكن أن تمتزج أنواع مختلفة من جزيئات البوليمر بعضها ببعض لتكون سبائك بوليمرية أو مزيجا. وطريقة تكوين السبائك يكون دائمًا أسهل من إنشاء بوليمرات صناعية جديدة . وقد يكون لها خواص تقع بين مكوناتها البوليمرية، أو قد يكون لها خواص أفضل من أيهما. ويمكن لعلماء البلاستيك أن يصنعوا أصنافًا من البلاستيك ذات خواصّ مثالية لأي غرض من الأغراض، وتستخدم سبائك البلاستيك في منتجات شتى تتراوح بين رقائق تغليف الأفلام وأجزاء هياكل السيارات.

1 –6– 1 خواص اللدائن الفيزياوية والميكانيكية

إن بعض المفاهيم التي يمكن أن توصف بها المواد التقليدية كالمعادن، مثل المطاوعة والهشاشة ، ليس لها أي مدلول في المواد البلاستيكية الحرارية ، إذ يمكن تكييف بعض أنواع المركبات السيليكونية كما يكيف العجين ، ولا مرونة فيها عندما تشد شداً بطيئاً ، لكنها تنقطع عند شدها بسرعة . وإن لوحاً من كلوريد البوليڤينيل (PVC) يمكن فتله حول نفسه من دون أن ينهار، لكنه ينكسر بالصدم . وإذا عُرِّضت مادة بلاستيكية لقوة ثابتة فإن تشوهها (انفعالها) يزداد مع الزمن، ولا يخضع للحمل فقط بل للزمن كذلك .

تستعمل في صناعة البلاستك الكثير من المقويات كالألياف الزجاجية أو الألياف الكربونية لإعطاء البلاستيك قوة إضافية أو صلادة ، ويحتوي الخليط الناتج الذي يسمى البلاستيك المقوى على(10%) إلى(80%)من إضافات التقوية. وهذه المركبات خفيفة الوزن، ويمكن أن تحل محل الفلزات في صناعة الصواريخ والطائرات والسيارات.

كما تستخدم احيانا مواد تسمى المالئات لتحسين جودة البلاستيك , وتتضمن المالئات الشائْعة مسحوق الخشب و التالك والطين . كما تستعمل المُلدنات لجعل البلاستيك اكثر ليناً واكثر مرونة واسهل تشكيلاً حيث تتغلب المادة المُلدِنة على قوى التجاذب بين سلاسل البوليمر لتمنع التشابك فيما بينها , وتستعمل في صناعة البلاستيك اصباغ خاصة متنوعة للحصول على منتجات بلاستيكية مختلفة الالوان .

وبصورة عامة فأن استعمال الاضافات تؤدي الى الحصول على منتجات اكثر فائدة . على سبيل المثال، بلاستيك الفينيل يكون شفافًا طبيعيًا صلبًا، ولكن بفضل الإضافات يمكن أن يُصنع

من بلاستيك الفينيل منتجات تشمل الأنابيب الرمادية الصلدة والأسطوانات السوداء القليلة المرونة ونوافذ أسقف السيارات الشفافة الناعمة.

1 –6– 2 انواع المواد البلاستيكية

أن المواد البلاستيكية تنقسم الى قسمين رئيسيين هما :

1-المواد البلاستيكية المتصلبة حراريا (Thermosetting)

وهى مجموعة من المواد البلاستيكية ذات البنية الجزيئية المختلطة التي تفقد لدونتها بعد تصلبها الاول . أي لا يمكن اعادة تسخينها وتشكيلها من جديد . واذا تم تسخينها على سبيل التجربة لدرجة حرارة فوق درجة حرارة انصهارها ، تتفحم وتنهار دون أن تتلدن .

2-المواد البلاستيكية الحرارية (Thermoplastics)

وهى مجموعة من المواد البلاستيكية ذات البنية الجزئية الخطية ، والتي تتلدن بالحرارة أثناء تسخينها وتتصلب بالبرودة فى اثناء تبريدها وتتميز هذه المواد بأنها لا تفقد لدونتها بتكرار التسخين والتبريد ...أي يمكن تكرار هذه العملية بصورة غير نهائية .

1 –6– 3 استعمالات المواد البلاستيكية

ازداد استعمال اللدائن (البلاستيك) في مجالات الحياة كلها. وقد ساعد على ذلك خواصها المميزة وسهولة التعامل معها صناعياً وتجارياً، ومن التطبيقات المستقبلية ما يأتي:

1 ـ عدسات بلاستيكية مختلفة لأجهزة التصوير وتحسين الرؤية وغيرها.

2 ـ أدوات جراحية من البلاستيك، حيث يطوّر الباحثون نوعاً من البلاستيك المقوّى بألياف كربونية من أجل استعمالها في هذه الأدوات.

3 ـ المطاط المعدني (البلاستيك الجديد): مركب يجمع بين مرونة المطاط وقوة المعدن. وتجري اليوم أبحاث واختبارات حوله، فإذا ما ثبت نجاحه فإنه سيغير آلاف المنتجات جذرياً.

4 ـ بطاريات جديدة من البلاستيك تعتمد على مادة البولي ستايرين ، ويتوقع استعمالها لتوليد الطاقة في أي شيء ابتداء من السيارة حتى الهاتف الخلوي.

5 ـ في صناعة الترانزستور البلاستيكي المرن والقابل للشد، وهذا موضوع واسع. ويدور اليوم صراع تنافسي بين الشركات العالمية في هذا المجال تنفق عليه أموال طائلة.

6 - «بوليمير» ناقل للكهرباء، يتكون من أجزاء كيمياوية صغيرة الحجم يمتلك نواة ناقلة للكهرباء . ويصنع «البوليمير» الناقل بأشكال مختلفة تناسب استعمالات وتطبيقات عدة.

7- تخفيف وزن السيارات والقوارب والطائرات وغيرها باستعمال أنواع جديدة من البلاستيك المقوى بألياف زجاجية.

7-1 الحراريات

الحراريات هي مواد تتحمل درجات الحرارة المرتفعة محتفظة بصلابتها. وطبقاً لتعريف الجمعية الأمريكية لاختبار المواد (ASTM) فان الحراريات مواد غير معدنية لها خواص فيزيائية وكيميائية تجعلها قابلة للاستعمال كعناصر في بيئة تتخطى درجة حرارتها (538) درجة مئوية .والمواد الحرارية لها درجة انصهار عالية قد تصل إلى (3500) درجة مئوية وهذا ما يجعلها تحتفظ بخواصها الفيزيائية والكيميائية المختلفة بشكل كبير عند درجات الحرارة العالية ، بما يتيح استعمالها في التطبيقات المختلفة التي تعمل في هذا المدى من درجات الحرارة كالصناعات التعدينية وغيرها مثل صناعة الحديد والصلب وصناعة الإسمنت وسباكة النحاس والألمونيوم وصناعة الزجاج ... الخ. وتستخدم المواد الحرارية في هذه الصناعات لغرض التبطين الداخلي لأفران الصهر والمعالجة وتبطين أوعية نقل المعدن وخبث المعادن (كالبوادق الكبيرة والمتوسطة) ، وكذلك مداخن وأنابيب العوادم والغازات الساخنة المتولدة عن هذه الصناعات .

1 –7– 1 المواد المكونة للحراريات

تكون المواد الحرارية مستقرة كيميائياً وفيزيائياً في درجات الحرارة العالية. كما تحتاج إلى أن تكون مقاومة للصدمة الحرارية ، وخاملة كيميائياً ، ولها قابلية محدودة من الموصلية الحرارية ومعامل التمدد الحراري .

أهم المواد المستعملة في صناعة الحراريات هي أكاسيد الألمنيوم (الألومينا)، والسيليكون (السيليكا) والمغنيسيوم (أوكسيد المغنيسيوم) إلى جانب أوكسيد الكالسيوم الذي يوجد عادة في الحراريات.

ويكون اختيار المواد المستعملة وفقا لظروف التشغيل . بعض التطبيقات تتطلب مواداً خاصة. فيستخدم الزركونيوم على سبيل المثال عندما يتطلب التشغيل مواداً تتحمل درجات الحرارة العالية جداً. يستخدم كل من كاربيد السيليكون والغرافيت أيضا في بعض ظروف درجة الحرارة الشديدة جداً، ولكن لا يمكن استعمالهما في وجود الأوكسجين، لأنهما سيتعرضان للأكسدة والحرق .

1 –7– 2 خواص المواد الحرارية

1 - القدرة على تحمل درجات الحرارة العالية دون أن تنصهر.

2 - القدرة على تحمل درجات الحرارة العالية دون أن تتغير خواصها.

3 - القدرة على تحمل التغيرات الفجائية في درجات الحرارة.

4 - القدرة على تحمل تأثيرات المعدن المنصهر والخبث والغازات والعوادم الساخنة ... الخ.

5 - القدرة على تحمل الأحمال الكبيرة والتآكل في الحرارة العالية دون أن تنهار.

6 - لها معامل تمدد حراري منخفض.

7 - لها قابلية عالية في الاحتفاظ بالحرارة دون فقدها.

1 –7– 3 خط إنتاج الحراريات

تصنف الحراريات على أنها حامضية أو قاعدية أو متعادلة بالإضافة إلى الحراريات التي تستعمل عند درجات حرارية عالية. والخواص الاساسية لهذه المواد أنها تتحمل التأثيرات الحرارية والكيميائية والفيزيائية وتباع هذه المنتجات في صورة طابوق حراري، سليكا، اوكسيد المغنيسيوم , اوكسيد الكروم، أكاسيد المغنيسيوم والكروم، كاربيد السيليكون، حراريات اوكسيد الزركونيوم، سليكات الالومنيوم، اوكسيد الالمونيوم .

التكسير والطحن:

يُعد حجم الحبيبات من اهم العوامل التي تؤثر على خواص المنتج النهائي. ومن المعروف ان الخليط الذى يحتوى على حبيبات كبيرة إلى حبيبات دقيقة بنسبة (45:55) مع وجود كمية بسيطة من الحبيبات المتوسطة تكون كثافته اكبر ما يمكن.

الخلط:

وظيفة عملية الخلط هي نشر الملدنات في المخلوط حتى تستطيع ان تغلف باقي المواد, وكذلك تسهيل عملية الصب في القوالب ويؤدي ايضاً الى ترابط وتجانس كتلة المنتج مع وجود اقل نسبة ممكنة من الفراغات.

الصب في القوالب:

نظراً للحاجة إلى طابوق حراري له كثافة عالية وصلابة عالية وذي شكل منتظم فإن عملية التشكيل باستعمال الضغط الجاف باستعمال المكابس الميكانيكية هي انسب الطرق المستعملة في إنتاج الطابوق الحراري. وتعتبر هذه الطريقة ملائمة لتصنيع المنتجات التي تحتوى على مواد ملدنة. ولكي يستعمل الضغط العالي في التشكيل يجب أولاً التخلص من اي هواء محبوس داخل قوالب الطابوق اثناء عملية الكبس وذلك لتجنب الشقوق والعيوب بعد رفع المكبس .

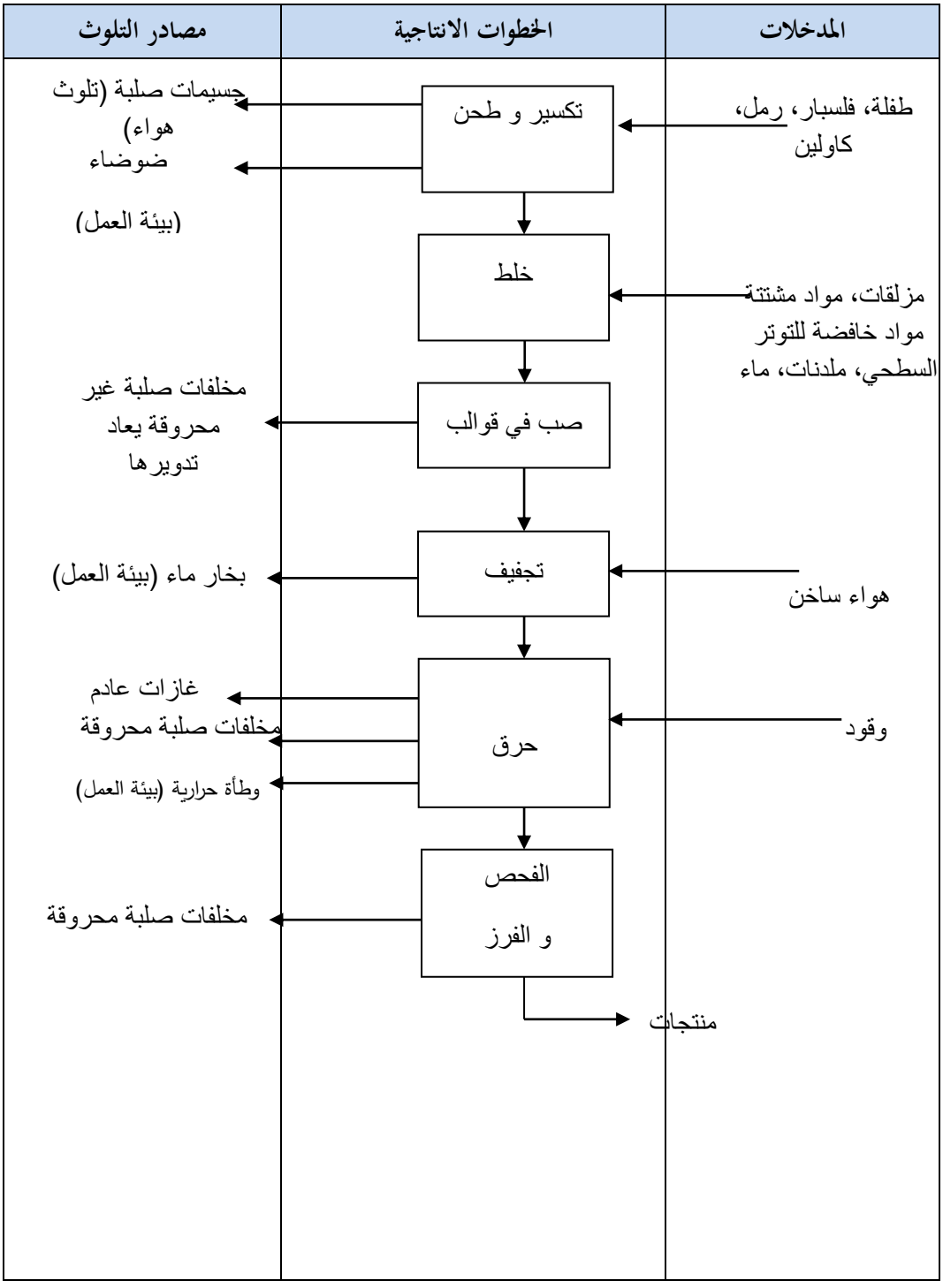
التجفيف:

تتم عملية التجفيف باستعمال هواء ساخن. وهدف عملية التجفيف هي التخلص من المحتوى المائي الناتج من اضافة الماء للمخلوط لإكسابه المرونة المطلوبة . ان ازالة الماء اثناء عملية التجفيف يؤدى إلى وجود الفراغات ويؤدى ايضاً إلى حدوث انكماش واجهادات داخلية.

الحرق:

تتم عملية الحرق إما في أفران دائرية ذات سحب سفلي للهواء أو في أفران نفقيه مستمرة . واثناء عملية الحرق تتكون الروابط بين جسيمات المخلوط عن طريق التزجيج الجزئي للمخلوط ,ومن بين التغيرات التي تحدث أثناء عملية الحرق هي ازالة الماء ثم تكلس الكربونات واكسدة الحديد . وتؤدي هذه التغيرات الى حدوث انكماش في الحجم يصل إلى

30% وتتولد اجهادات داخلية شديدة. ويمكن تجنب هذا الانكماش عن طريق تثبيت مسبق للمواد المستعملة.



شكل رقم (1 – 8) خط انتاج الحراريات و مصادر التلوث المتعلقة بها

أدناه جدولاً بدرجات انصهار المواد الحرارية الشائعة .

جدول (1 – 1) درجات انصهار المواد الحرارية المختلفة

الرمز الكيميائي	المركب	درجة الانصهار مئوية
BeO	اوكسيد البريليوم	1454.4
SiO_2	سيليكا	1715.6
$Al_2O_3 – SiO_2$	كاؤولين	1815.6
Al_2O_3	الومينا	2048.9
Cr_2O_3	اوكسيد الكروم	2137.8
MgO	ماغنيسيا	2193.3
SiC	كاربيد سيليكون	2248.9
CaO	الجير	2571.1
ZrO_2	زركونيا	2698.9
C	الجرافيت	8482.2

1 –7– 4 تصنيف المواد الحرارية

وهناك تصنيفات متنوعة للحراريات ، فإذا صنفناها على حسب الشكل الفيزيائي ، فنجد أنها إما أن تكون مشكلة كالطابوق الحراري وألواح أنظمة الفتح والغلق بالبوادق الكبيرة والوسيطة والأفران وبلوكات صب المعدن , او غير مشكلة أي سائبة كمواد الحشو والتبطين والربط .

تصنيف المواد الحرارية على حسب تركيبها الكيميائي

الحراريات الحامضية

وهذه المركبات تتمتع بثبات كيميائي (لا تتآكل كيميائياً) إذا تم استعمالها في وجود الخبث الحامضي (المركبات المتحدة في نوعها تتنافر ولا تتفاعل بينما المختلفة تتفاعل معا تماما بنفس فكرة الأقطاب المغناطيسية حيث الأقطاب المتشابهة تتنافر والأقطاب المختلفة تتجاذب

لذلك في حالة وجود خبث حامضي يفضل استعمال حراريات حامضية والعكس). والصيغة الكيميائية العامة للمواد الخام الحرارية ذات الطبيعة الحامضية هي(RO_2) أي أنها تتكون من اتحاد ذرة واحدة من العنصر المعدني مع ذرتين من الأوكسجين ومنها على سبيل المثال: السيليكا (SiO_2) والزركونيا (ZrO_2) وسيليكات الألومينا ($Al_2O_{32}SiO_2.H_2O$).

الحراريات القاعدية

وهذه المركبات تتمتع بثبات كيميائي (لا تتآكل كيميائيا) سواء إذا تم استعمالها في وجود الخبث القاعدي أو الخبث الحامضي . والصيغة الكيميائية العامة للمواد الخام الحرارية ذات الطبيعة المتعادلة هي(R_2O_3) أي أنها تتكون من اتحاد ذرتان من العنصر المعدني من ثلاث ذرات من الأوكسجين ومن أشهرها على سبيل المثال: الألومينا (Al_2O_3) ، والكرومات (Cr_2O_3).

1 –7– 5 التآكل في الحراريات

التآكل في الحراريات يرجع إلى أسباب عدة منها التآكل الكيميائي والتآكل الفيزيائي (ميكانيكي) بالإضافة الى الاسباب الاخرى التي سيرد ذكرها .

التآكل الكيميائي

وغالباً ما يكون بفعل المركبات الحامضية بالخبث (وأشهرها السيليكا).

التآكل الفيزيائي (الميكانيكي)

تعود أسباب التأكل الفيزيائي الى ما يأتي :

1 - دوامات التقليب بالغاز .
2 - دوامات المعدن أثناء الصب .
3 - صدمة المعدن لحظة بداية الصب .

والاسباب الأخرى لتآكل الحراريات هي :

1 - أكسدة الكربون الموجودة في تركيب الحراريات نفسها: وهذا غالبا ما يحدث نتيجة طول فترة تسخين البوادق حديثة البناء تحت المسخن قبل دخولها للتشغيل.

2 - الصدمة الحرارية: وغالباً ما تكون بسبب انخفاض حرارة البوادق بشكل سريع ومفاجئ وذلك بسبب تأخر عملية الصب او تبريد البودقة بشكل غير صحيح .

3 - الإشعاعات والانبعاثات الناشئة عن القوس الكهربي: كما في فرن القوس الكهربي وفرن البودقة.

8-1 المواد المركبة (Composite Materials)

المادة المركبة هي مادة تتكون من مادتين مختلفتين أو أكثر ، بشرط أن لا يتم انصهار أو ذوبان أحد الأجسام عند التقاءه بالجسم الآخر، وأن تكون قابلية الانضمام بينهم عالية، وأن لا تختلف اختلافاً كبيراً في الخصائص الفيزيائية أو الكيميائية. ينتج عن تركيب مادتين أو عدة مواد ينتج عنها مادة جديدة لها خواص جديدة.

1 –8– 1 أهم المواد المركبة

يتم استعراضها بذكر اسم الألياف المكونة للمواد المركبة:

- **ألياف الزجاج : تستعمل في تصنيع الأجهزة الرياضية وحمامات السباحة والسيارات .**
- **ألياف الكاربون : تستعمل على نطاق واسع في الألواح الشمسية ومولدات طاقة الرياح . كما تدخل في صناعة هياكل المركبات الفضائية وهي غالية الثمن .**
- **الخشب الرقائقي**
- **الاسمنت المسلح في الهندسة المدنية**
- **الاراميد : يصنع من مركبات الاميدات العضوية ويستعمل في الملابس الواقية من الرصاص والحماية من الآلات الحادة وفي التطبيقات العسكرية .**
- **خليط من ألياف الزجاج والالومنيوم.**

مادة التقوية : هي الهيكل الذي يتحمل القوى الميكانيكية. ويمكن أن يتمثل في أشكال عدة: ألياف قصيرة أو ألياف طويلة مسترسلة وذلك حسب الاستعمال.

المادة الأساس (Matrix)

هدف استعمال المادة الأساس هو إيصال الاجهاد الميكانيكي إلى مادة التقوية. وهي تضمن حماية مادة التقوية من العوامل الخارجية.

توجد ثلاثة أنواع من مواد الأساس :

أ- المواد المركبة ذات مادة الأساس العضوية

يتم فيها استعمال البوليمير كالبولي استر, الفينول، الفينيل استر, البولي بروبيلين ، البولي أكريليك ... إلخ.

ب- المواد المركبة ذات مادة الأساس الخزفية للتطبيقات المتقدمة في الفضاء وفي المجال العسكري والنووي.

ج- المواد المركبة ذات مادة الأساس المعدنية

في هذه الحالة : تكون مادة الأساس معدنية (ألومنيوم، زنك، مغنيسيوم، نيكل) ومادة التقوية معدنية أو خزفية .

1 –8– 2 المميزات

تفوقت المواد المركبة على المواد التصنيعية التقليدية في كثير من المجالات وذلك للأسباب الاتية :

1 - متانة أكبر بكثير من متانة المواد التصنيعية التقليدية .

2 - سهولة تشكيل الأشكال المعقدة وبأحجام وأبعاد كبيرة .

3 - خفة الوزن بشكل كبير بدون التأثير على خواص المتانة .

4 - انخفاض معدلات التغيير في خواصها إلى مرحلة يمكن اعتبار هذه التغييرات غير موجودة نهائياً .

5 - مقاومة حرارية عالية (بالنسبة للمكونات السيراميكية) .

6 - مقاومة أكبر للمواد الكيميائية والعوامل الجوية (لا تصدأ) .

7 - ممانعة هائلة لعدم انتشار الشقوق التي قد تحدث نتيجة للاهتزاز، وبالتالي فهي ممتازة كمحاور دورانية .

هذه الأسباب كلها دفعت بالمواد المركبة إلى أعلى القائمة وجعلتها العنصر المفضل في إنشاء الطائرات، وعلى الرغم من ذلك فإن الطائرات في يومنا هذا لا تزال تحتوي الكثير من العناصر الإنشائية العادية إلا أن المستقبل القريب يبشر بإمكانات أوسع للمواد المركبة.

1 –8– 3 العيوب

1 - تغير خواصها الميكانيكية والفيزيائية بشكل أسرع من المواد التقليدية تحت الظروف المختلفة.

2 - عمرها أقصر من عمر المواد التقليدية .

3 - مقاومتها الحرارية لا تزال منخفضة (رغم وجود دراسات حالية تجري بهذا الشأن، يكفي بأن نقول بأن مقدمة المكوك الفضائي مصنوعة من المواد المركبة وهي التي تتحمل القسم الأكبر الناتجة عن طاقة الاحتكاك مع الغلاف الجوي حال عودته إلى الأرض) .

4 - لا يمكن إعادة تصنيعها ويصعب التخلص منها ولطبيعتها الكيمياوية فهي غالبا ما تكون مضرة بالبيئة .

أسئلة الفصل الاول

س1 : عرف المادة الهندسية وأذكر العوامل الأساسية المعتمدة في اختيارها ؟

س2 : ارسم مخطط تصنيف المواد الهندسية ؟

س3 : أذكر مميزات المعادن الحديدية ؟

س4 : أرسم مخطط تصنيف المعادن والسبائك غير الحديدية ؟

س5 : أرسم مخطط تصنيف المواد الحديدية ؟

س6 : عدد المواد اللامعدنية الطبيعية ثم أرسم مخطط تصنيف المواد غير المعدنية ؟

س7 : عدد مع الشرح العمليات الأساسية لمعالجة المعادن حرارياً ؟

س8 : عرف السبيكة ثم أذكر أنواع السبائك وخصائصها ؟

س9 : أ- أذكر أنواع المواد البلاستيكية مبينا الفرق بينها ؟

ب- عدد الاستعمالات الرئيسية للدائن ؟

س10 : عرف الحراريات ثم أذكر المواد المكونة لها ؟

س11 : عدد خواص المواد الحرارية ؟

س12 : ارسم مخطط أنتاج الحراريات ؟

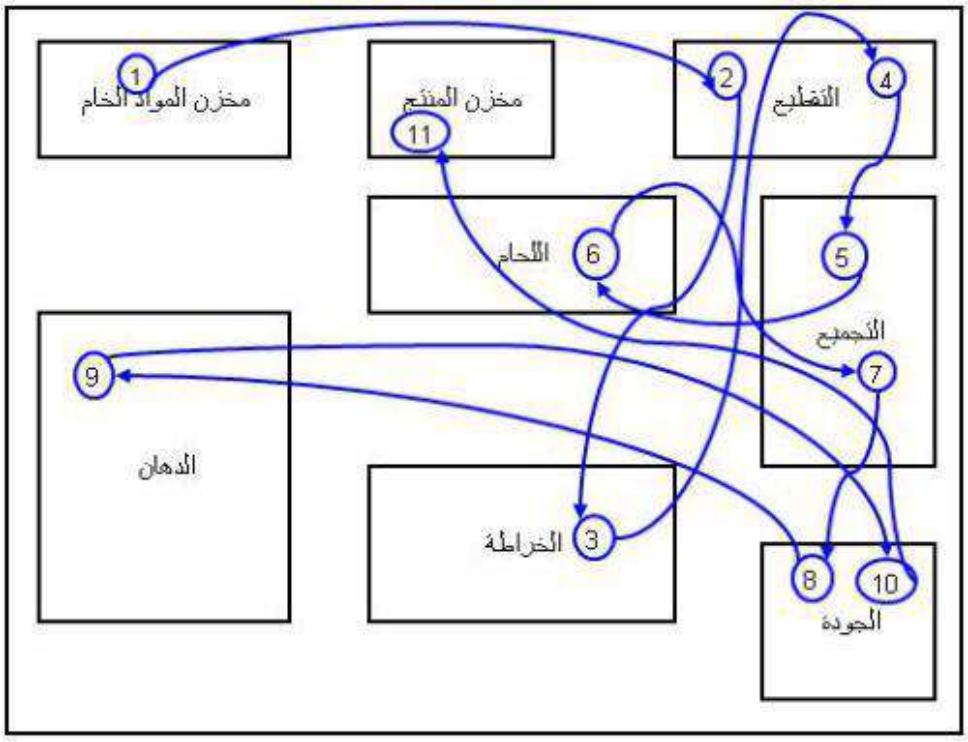
س13 : عدد أهم المواد المركبة واستعمالاتها ؟

س14 : عدد مميزات وعيوب المواد المركبة ؟

الفصل الثاني

تصنيع المواد الهندسية

Manufacturing of Engineering materials



اهداف الفصل

بعد اكمال دراسة الفصل يكون الطالب قادراً على أن :

1- **يتعرف على طرق التصنيع المختلفة.**

2- **يتعرف على عمليات تشكيل المعادن .**

3- **يعرف عمليات التشكيل .**

4- **يتعرف على عمليات تشغيل المعادن مثل (الخراطة ، التفريز ،القشط ، التثقيب، التجليخ).**

5- **يتعرف على عملية النشر وأجهزة النشر.**

6- **يميز طرق ربط ووصل المعادن .**

7- **- يميز بين أنواع اللحام.**

1-2 تمهيد

يُعد التصنيع هو التعبير الاقتصادي لتصنيع المنتجات واداء الخدمات التي تغطي احتياجات البشر وهذا يتم عن طريق تتابع العمليات الصناعية على الخامة مجتمعة بما يمثل نظاماً متكاملاً للتصنيع .

إن الهدف من دراسة طرق التصنيع المختلفة هو التوصل الى الحصول على المنتج المناسب الذي تتوفر فيه المواصفات المناسبة مع رخص الثمن وهنا نبحث عادة عن الجودة العالية للمنتج مع اقل تكلفة ممكنه , ان الإلمام بطرق التصنيع المختلفة يزيد من تفهمنا للتخصصات الدقيقة كما يوفر علينا الجهد لمعرفة تكنولوجيا الإنتاج .

2-2 طرق التصنيع

التصنيع هو مصطلح يستعمل لوصف صنع المنتجات وقد بدأت عملية التصنيع منذ فجر التاريخ بصنع الادوات الحجرية والخشبية والمعدنية البسيطة ، ثم تطورت ابتداءاً من القرن التاسع عشر باستعمال الآلات واساليب الانتاج والتصنيع الحديثة وفي السنوات المائة الماضية أحرز تقدم سريع في تطوير عمليات التصنيع ليتم الانتاج بأعداد كبيرة وبمواصفات عالية.

احد تعاريف التصنيع هي عملية تحويل المواد الخام او المواد شبه المصنعة الى اجزاء مصنعة نهائية او منتجات تامة الصنع ذات قيمة وفائدة باستعمال المكائن والآلات والعدد، وهذه العملية تتضمن تغيير شكل وأبعاد الجزء الذي يتم إنتاجه.

عمليات التصنيع يمكن تصنيفها بشكل عام الى عمليات التصنيع الاولية (الابتدائية) وعمليات التصنيع الثانوية. عمليات التصنيع الاولية عادة تشير الى تحويل الخامات الى مواد ومنتجات معدنية جاهزة للتصنيع النهائي بينما تشير عمليات التصنيع الثانوية الى تحويل المواد والمنتجات المعدنية الاولية الى منتجات جاهزة او شبه جاهزة للاستعمال المفيد. على سبيل المثال لتصنيع كتلة محرك السيارة فأنه يجب اولا استخلاص الحديد من خاماته ثم اذابة هذا الحديد وصبه ليتم تصنيع المحرك بمراحل تصنيع متعددة لاحقة.

3-2 عمليات التشكيل Forming process

المنتجات المعدنية الجاهزة يتم تصنيعها بعدة طرق تبدأ من عملية إذابة وصهر المعادن وصب هذه المعادن في قوالب كبيرة ذات مقاطع عرضية مربعة ، تدعى الصبات. ثم تتم معالجة مثل هذه الصبات في مصانع الدرفلة للحصول على أشكال وأحجام القطع المطلوبة من قضبان وألواح. تتعرض هذه الأشكال من المواد المجهزة من الصبات إلى مزيد من عمليات التصنيع المختلفة للحصول على المنتجات المعدنية التي يمكن استعمالها بمختلف الأشكال والأحجام في مختلف ورش التصنيع . بعض المنتجات تتكون من جزء او قطعة واحدة مثل المسمار او الصامولة او الملعقة وغيرها اما البعض الاخر من المنتجات فيتكون من عدة اجزاء او قطع يتم جمعها او تركيبها مثل السيارات او الآت الغسيل وغيرها من المنتجات .

كل هذه العمليات المستعملة في التصنيع تهتم بتحويل الصبات إلى منتجات قابلة للاستعمال ومن هذه العمليات:

1) **عمليات التشكيل الأولية مثل السباكة ، وتسمى احيانا بعمليات التشكيل في الحالة السائلة.**
2) **عمليات تشكيل المعادن مثل الدرفلة والحدادة ، وتسمى احيانا بعمليات التشكيل في الحالة الصلبة.**
3) **عمليات تشغيل المعادن مثل الخراطة والتفريز والقشط .**
4) **عمليات الوصل او الربط مثل اللحام.**
5) **عمليات تشكيل مساحيق المعادن (تكنولوجيا المساحيق)**

ان اختيار طريقة التصنيع تعتمد على كلفة العملية و متطلبات التصميم والمتانة وكذلك الأبعاد والانهاء السطحي ، و لتصنيع اي منتج يجب ان تؤخذ بنظر الاعتبار العوامل التالية:

1. **ما وظيفة المنتج .**
2. **العمر الزمني للمنتج .**
3. **اهمية الجزء المنتج .**
4. **نوع المادة التي يصنع منها المنتج –معدني –غير معدني .**
5. **ابعاد المنتج .**
6. **طريقة صنع المنتج –يدوي ام ميكانيكي .**
7. **شكل ومظهر المنتج .**
8. **كلفة المنتج .**

الشكل (2-1) تظهر مجموعة صور ورش تصنيع ولعمليات تصنيع مختلفة.

1-3-2 السباكة (Casting)

هي إحدى أهم وأقدم عمليات التصنيع ويعود تاريخها الى ما قبل الميلاد عندما كان يتم تصنيع ادوات معدنية بسيطة مثل ادوات الصيد وغيرها. وفي هذه العملية يتم صهر المعدن المراد سباكته في درجات حرارة عالية ، يتم بعدها صب المصهور المعدني في قالب , هذا القالب فيه تجويف يمثل شكل وابعاد المنتج المطلوب ، عندما يبرد المعدن و يتصلب يتم فتح القالب لإخراج المنتج (المسبوك) الذي أخذ نفس شكل وأبعاد التجويف داخل القالب. يمكن اعتبار المسبوك كمنتج نهائي أو اعتباره منتج نصف مصنع، حيث تجرى عليه عمليات التشطيب عن طريق عمليات التشكيل او التشغيل . من مميزات عملية السباكة امكانية استعمالها في إنتاج الأشكال المعقدة وأحياناً يمكن إنتاج الشكل بأبعاده النهائية أي بالدقة النهائية المطلوبة و بالتالي لا يتم ادخال المنتج لأي مرحلة تشغيل اخرى.

يمكن إنتاج أجزاء ذات حجم صغير بعملية السباكة وكذلك إنتاج الأشكال الضخمة جداً والتي قد تصل زنتها إلى عشرات الاطنان ، أما القالب المستعمل في عملية السباكة فهو غالباً ما

يكون عبارة عن نصفين سواء كانت السباكة رملية أو بالقوالب المعدنية وفيها التجويف المطلوب لإنتاج المنتج على شكله.

طرق السباكة (Casting Methods)

هناك طرق عديدة لسباكة المعادن تختلف بنوع القالب المستعمل او نوع المادة المعدنية المسبوكة او طريقة الصب ، وسيتم التطرق بشكل مبسط الى بعض من هذه الطرق . وهناك تصنيف عام لطرق السباكة اعتماداً على نوع القالب ، وهي على نوعين:

1 - السباكة في القوالب المستهلكة (قوالب غير دائمية) مثل السباكة الرملية وطريقة الشمع المفقود وغيرها وفيها يتم استعمال القالب مرة واحدة فقط. هذه القوالب تتحمل درجات حرارة عالية.

2 - السباكة في القوالب الدائمة مثل السباكة في قالب معدني او السباكة بالطرد المركزي ، القالب في هذا النوع يستعمل لمرات عديدة.

2-3-2 تشكيل المعادن (Metals Forming)

هي عمليات تغيير الشكل (اضفاء الشكل المطلوب) التي تجري على المعادن والسبائك وهي في حالتها الصلبة، وتجرى هذه العمليات بوساطة استعمال معدات واجهزة خاصة تقوم بتأمين (بتوفير) قوى ميكانيكية او ضغط مناسب لإحداث التغيير المطلوب في أشكال وهيئات المعادن والسبائك. معظم المواد المعدنية تتعرض الى عمليات تشكيل لإنتاج الأشكال المطلوبة باحدى مراحل التصنيع المختلفة .

يمكن ان تتم عملية التشكيل (تشكيل المشغولة او الجزء المعدني) بشكل كامل بمرحلة تصنيع واحدة كما موجود في عملية الحدادة او تمر في مراحل عدة قبل عملية التشكيل النهائي كما هو في عملية الدرفلة.

المشغولات المعدنية (القطع المعدنية او قطع المشغولات المعدنية) المشكلة قد تكون صغيرة الحجم وقليلة الوزن لا يتجاوز وزنها الغرامات مثل مسمار تثبيت الورق، والبعض الاخر يكون كبير الحجم والوزن يتجاوز وزنه الأطنان. الشكل (2-2) نماذج لمنتجات أُنتجت بعمليات تشكيل مختلفة بأوزان وأحجام مختلفة.

الشكل (2- 2) نماذج لمنتجات انتجت بعمليات تشكيل مختلفة

المعدات والأجهزة المستعملة في عملية التشكيل يتم استعمالها حسب عملية التشكيل المطلوبة وحجم ووزن الجزء المعدني المراد تشكيله. ويمكن اجراء عمليات التشكيل اما على البارد ، اي ان القطعة المعدنية المراد تشكيلها تكون في درجة حرارة الغرفة (درجة حرارة الجو الطبيعي 25 درجة مئوية) ، او يتم اجراء عمليات التشكيل على الساخن ، أي في درجات حرارة عالية حيث تسخن القطعة المعدنية او المشغولة للوصول الى درجة الليونة المناسبة أي زيادة قابليته على التشكيل. ويتم اختيار عملية التشكيل المناسبة استناداً على نوع المعدن او السبيكة.

تتم عمليات تشكيل المعادن بطرق عدة مثل الدرفلة والحدادة والبثق والسحب العميق والثني .

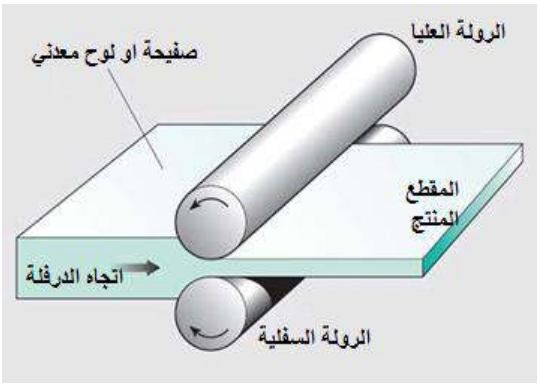
اولا : الدرفلة (Rolling)

هي عملية تشكيل المعادن والسبائك الى منتجات وسطية او منتجات نهائية بامرار المعدن وضغطه (عصره) بين اثنتين من الرولات الاسطوانية الدوارة ، وهي من أسرع الطرق والأكثر استعمالاً على نطاق واسع في عمليات الصناعة المعدنية لتشكيل المعادن والسبائك الى الاشكال المطلوبة.

والهدف الرئيس من الدرفلة هو لتحويل المقاطع والكتل المعدنية الكبيرة إلى أجزاء أصغر بمقاسات محددة (الواح وصفائح معدنية ، شرائط معدنية ، المقاطع المعدنية الانشائية ،

الأنابيب ... الخ) والتي يمكن استعمالها إما مباشرة (مثل القضبان ، الأنابيب، الألواح)واما كمنتجات نصف مصنعة (شبه جاهزة) لتستعمل في عمليات أخرى مثل الطرق والكبس.

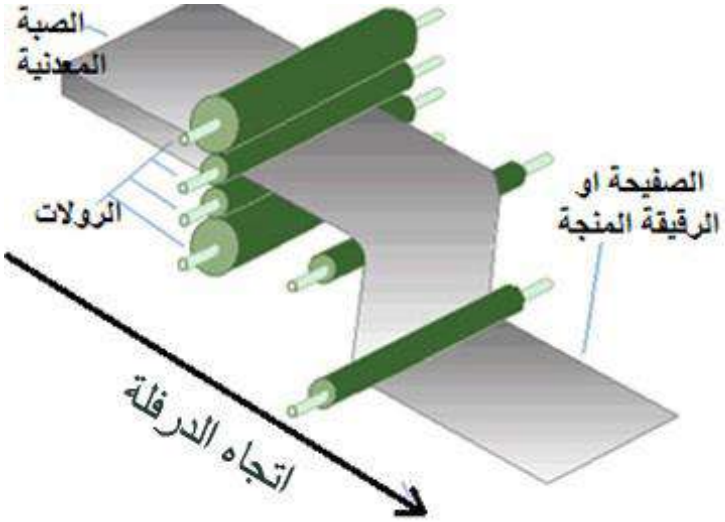
وتتم عملية الدرفلة بتمرير (القطعة المعدنية)المعدن بين رولتين اسطوانيتين (درفيلين) تدوران باتجاهين متعاكسين تضغطان على القطعة المعدنية. يتم أولاً وضع قطعة المعدن في الفراغ بين الرولتين ونتيجة الاحتكاك بين الرولتين وقطعة المعدن يتم سحب قطعة المعدن الى الخارج من الجهة الاخرى ، بمرور القطعة المعدنية بين الرولتين تتعرض الى قوى ضغط على طول المقطع العرضي تسبب مط وتسطيح او ترقيق القطعة طولياً او عرضياً بالشكل المطلوب. الشكل (2-3) يوضح مبدأ عملية الدرفلة .



الشكل (2-3) مبدأ عملية الدرفلة

يمكن أن تتم عملية الدرفلة بمرحلة واحدة او بمراحل عدة ففي معامل الصلب تتم عمليات الدرفلة بشكل متسلسل ، وهي ترتب واحدة بعد الاخرى حيث تمر الكتلة في جميعها بالتسلسل لتخرج من الاخير جاهزة حسب المقطع المطلوب وهي مفيدة للإنتاج الواسع المستمر. تستعمل عملية الدرفلة في لف الألواح والصفائح المعدنية لتكوين الأشكال الاسطوانية وتستعمل أيضا لدرفلة مقاطع معدنية ، عملية الدرفلة التي تنتج الصفائح والألواح المعدنية تسمى بالدرفلة المستوية .

القطع المعدنية التي يقل سمكها عن (6 ملم) تسمى بالصفائح المعدنية تستعمل لصناعة هياكل السيارات والأواني المنزلية ، أما التي تزيد عن (6 ملم) فتسمى ألواحاً معدنية وهي تستعمل في صناعة الخزانات والسفن. الشكل (2-4) يوضح عملية درفلة لإنتاج صفائح رقيقة.



الشكل (2-4) عملية درفلة لإنتاج صفائح رقيقة

لغرض إنتاج المقاطع الإنشائية المختلفة وقضبان السكك الحديدية تستعمل درافيل ذات ممرات او مجاري محفورة على طول قطرها تقوم بتشكيل شكل المقطع في الجزء المنتج اثناء عملية الدرفلة. وتتم عمليات الدرفلة اما على الساخن او على البارد ، ويتم استعمال عملية الدرفلة على الساخن على نطاق واسع في إنتاج عدد كبير من المنتجات المفيدة مثل القضبان والصحائف والمقاطع التركيبية وهذا النوع من الدرفلة مستعمل في معامل صهر الحديد والنحاس والزجاج وغيرها الدرفلة على الساخن تستعمل للقطع المعدنية التي يزيد سمكها عن (20 ملم) والمقاطع المتوسطة والكبيرة. الشكل (2-5) يوضح عمليات درفلة لإنتاج شكل اسطواني. الدرفلة على البارد تكون بدرجة حرارة الجو العادي وهي في العادة صلبة وتحتاج الى جهد اكبر من الماكنة ولكنها أسهل وبأقل المعدات . الدرفلة على البارد تستعمل في تشكيل المعادن الطرية مثل النحاس والمقاطع الصغيرة.

الشكل (2- 5) عمليات درفلة لإنتاج شكل اسطواني

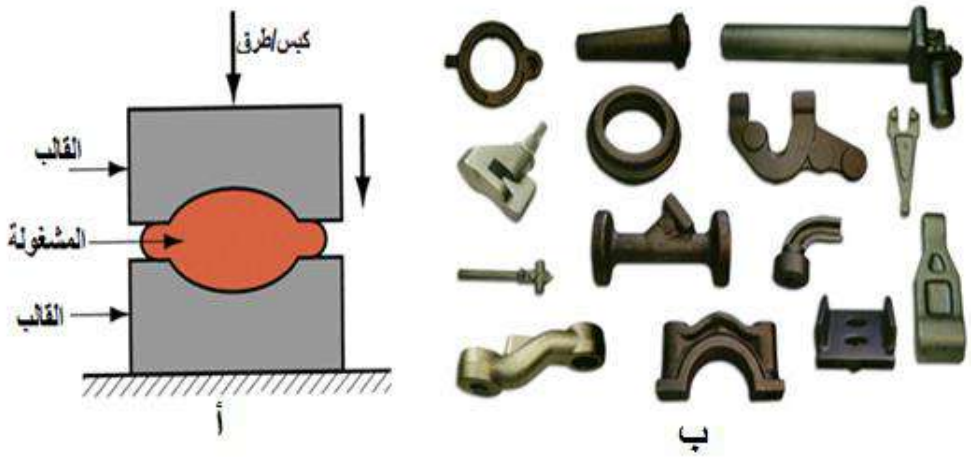
ثانياً : الحدادة (Forging)

هي من أقدم طرق التشكيل ولاتزال تستعمل حرارة عالية وذلك بكبس المعدن وهو ساخن في قوالب تمثل الشكل المراد الحصول عليه باستعمال قوة ضغط عالية أو الطرق بالمطرقة.

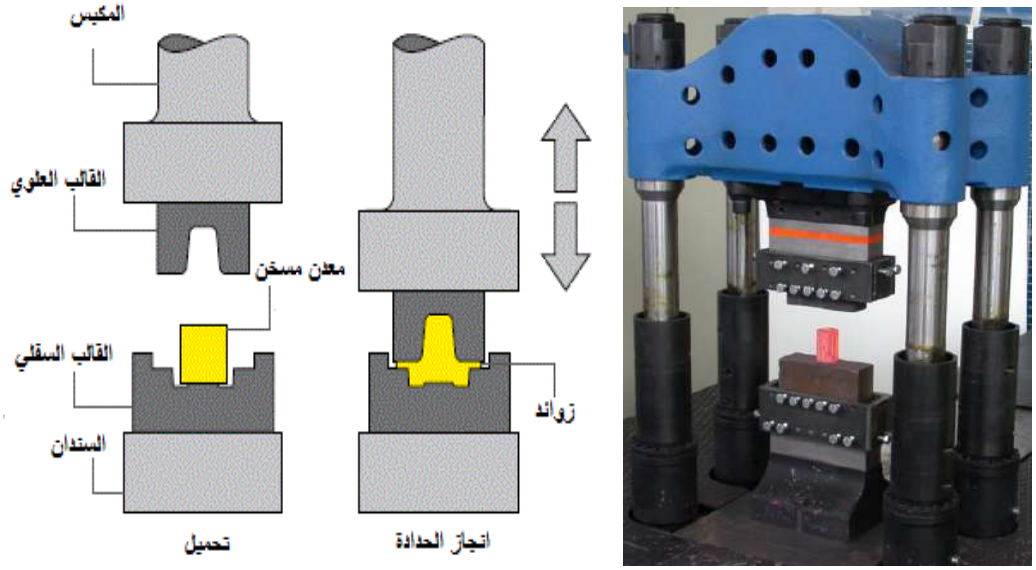
تتم عمليات الحدادة أو عمليات الطرق يدويا أو باستعمال مطارق آلية وأحياناً يتم استعمال المكابس الهيدروليكية .

الحدادة اليدوية تتم باستعمال مطرقة الحداد يمكن للمعدن أن يتشكل بسهولة وهو ساخن ويتم استعمال موقد حراري لغرض تسخين المعدن الى درجة حرارة الاحمرار وتستعمل عادة لإنتاج الاجزاء المعدنية بأحجام وكميات صغيرة. الشكل (2-6) يوضح عملية الحدادة في قالب ونماذج مشكلة بعملية الحدادة. يتم استعمال المطارق الآلية والمكابس في عملية الحدادة وهي اكثر قوة لإنتاج الأشكال والأحجام الكبيرة من المطروقات ، وتمتاز بقوة الضغط والطرق العالية.

القوالب المستعملة في الحدادة تصنع من مواد معدنية صلدة لا تتأثر بدرجات الحرارة العالية ولا تتأثر بقوة الضغط او الطرق المؤثرة عليها. الشكل (2-7) يوضح عملية الحدادة في قوالب باستعمال مكبس.



الشكل (2-6) (أ) عملية الحدادة في قالب (ب) نماذج مشكلة بعملية الحدادة



الشكل (2-7)عملية الحدادة باستعمال مكبس هيدروليكي

ثالثاً : البثق (Extrusion)

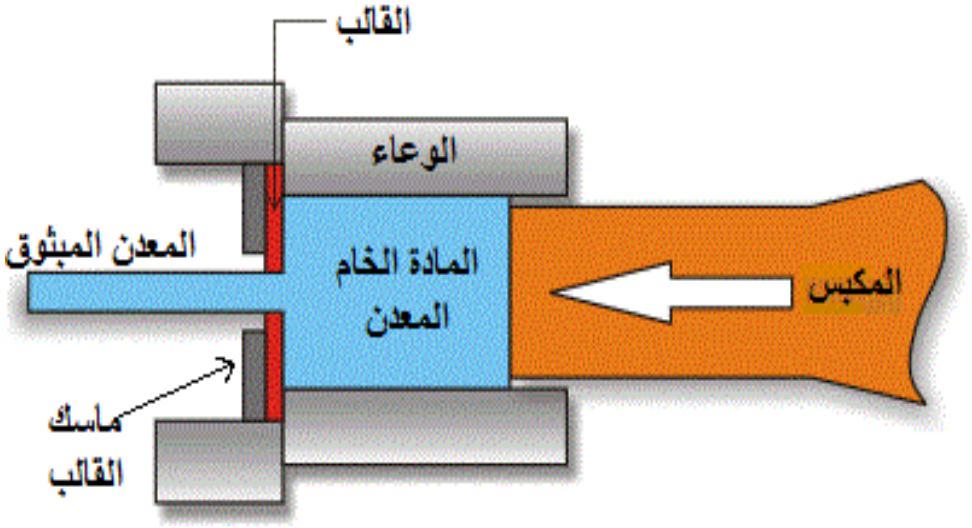
هي عملية تشكيل المعادن والسبائك الى مقاطع وأشكال هندسية من دفع المعدن الموجود في وعاء للخروج من فتحة قالب ، ومن الأمثلة المشابهة لعمليات البثق هي عملية عصر معجون الاسنان من انبوب معجون الاسنان .

تتم عملية البثق من وضع كتلة معدنية او سبيكة ساخنة (مسخنة إلى درجات حرارة عالية نسبيا) في وعاء او تجويف يتحرك فيه مكبس (هيدروليكياً او ميكانيكياً) يضغط ويكبس الكتلة المعدنية ويجبرها على الخروج من فتحة قالب موجودة في نهاية الوعاء فينساب المعدن خلالها ليأخذ شكل فتحة القالب (شكل مقطع المعدن الخارج هو شكل فتحة القالب) . وبشكل عام تستعمل عملية البثق لإنتاج الأجزاء الطويلة نسبياً ذات المقاطع الموحدة.

فتحة القالب في هذه العملية تقوم مقام قالب التشكيل ومن تغيير شكل وحجم فتحة القالب يمكن إنتاج منتجات ذات مقاطع مختلفة وأشكال وأحجام مختلفة.

تستعمل عمليات البثق لتشكيل وانتاج المقاطع الصلدة والمجوفة من المعادن والسبائك اللاحديدية ، الالمنيوم، المغنيسيوم والنحاس وسبائكها التي تمتاز بليونتها ودرجة انصهارها الواطئة. ويمكن انتاج أنابيب صغيرة الاقطار وقضبان وأغلفة ومقاطع ديكورات ومقاطع وأشكال هندسية وأغلفة لتغليف الكيبلات وقضبان نحاسية مختلفة الأشكال يتم سحبها إلى أسلاك فيما بعد . الشكل (2-8) يوضح مبدأ عملية البثق والشكل (2-9) صور مقاطع

مختلفة منتجة بعملية البثق . تستعمل معادن خاصة ذات صلادة عالية لصنع قوالب البثق ويجب ان تكون بجودة ومواصفات عالية وهناك ثلاث طرق للبثق ، البثق المباشر او الأمامي والبثق غير المباشر او الخلفي وبثق الأنابيب.



الشكل (2-8) مبدأ عملية البثق

الشكل (2-9) مقاطع مختلفة منتجة بعملية البثق

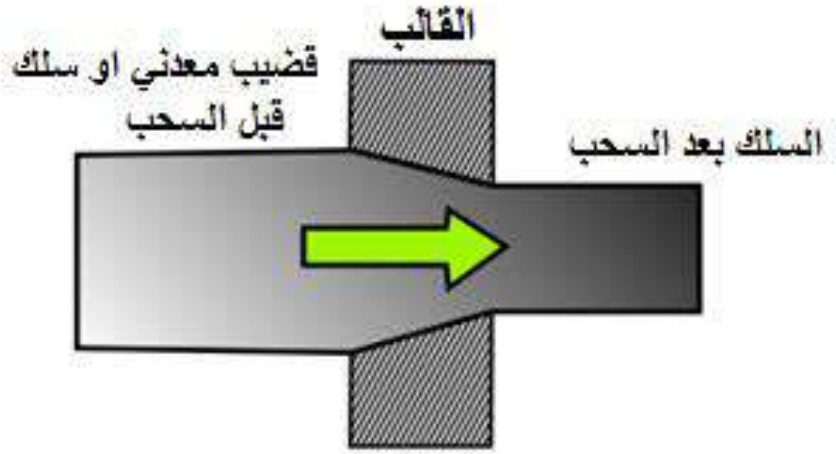
رابعاً : سحب الاسلاك والقضبان (Wire Drawing)

هي عملية تشكيل المعدن على البارد من امرار المعدن في قالب خاص ثم سحبه من الجهة الاخرى للقالب وتستعمل هذه العملية لإنتاج الأسلاك والأجزاء والقطع المعدنية ذات المقاطع والأقطار الصغيرة وبأطوال كبيرة.

وتتم عملية سحب القطعة المعدنية من فتحة في وسط قالب على شكل مخروطي ويكون قطر فتحة القالب اصغر من مقطع المعدن المراد سحبه ، ويتم سحب المعدن تدريجياً حيث تحدث زيادة في طول القطعة المعدنية ونقصان في مساحة مقطعها. تجرى عملية سحب الأسلاك على مراحل عدة لحين الحصول على قطر السلك المطلوب. المعدن الخارج من عملية

السحب يكون بأبعاد مضبوطة وسطح أملس ومتانة عالية. الشكل (2-10) يوضح مبدأ عملية السحب في قالب.

ويستعمل السحب لإنتاج الأسلاك ذات الأقطار الصغيرة والأنابيب رقيقة الجدران وسحب القضبان الكبيرة لإنتاج قضبان ذات أقطار أصغر وبالتدريج. وتصنع قوالب السحب من معادن خاصة تكون صلدة ذات متانة عالية مثل صلب العدة الكاربوني والسبائكي ، وأحيانا تكون الفتحات من مادة السبائك الصلدة او الماس. تستعمل عادة بعض مواد التزييت لتسهيل عملية السحب. هذه العملية تستعمل عادة لسحب أسلاك النحاس والالمنيوم وبعض السبائك الحديدية.

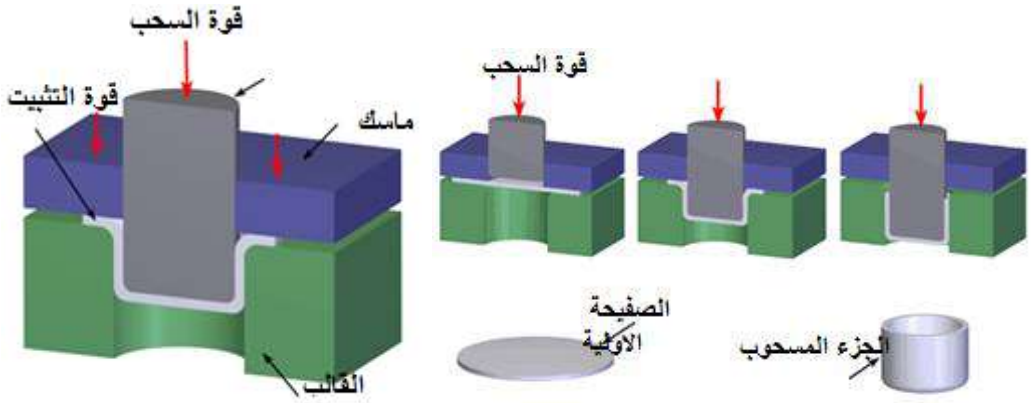


الشكل (2- 10) مبدأ عملية السحب

خامساً : السحب العميق (Deep Drawing)

هي عملية تشكيل يتم بها تحويل صفيحة معدنية مستوية ذات سمك معين الى شكل جسم مجوف، عبوة او وعاء معدني (على شكل قدح) عن طريق الضغط (الكبس)على صفيحة معدنية مستوية في وسطها في قالب دائري المقطع مُهيأ سابقاً .

حيث يتم تسخين قطعة المعدن لتكون قابلة للتشكيل (لينة) ثم توضع فوق فتحة القالب ومن ثم بقوة ضربة مكبس يتم تصنيع وعاء على شكل قدح ، وتستعمل لصناعة اسطوانات الغاز وأجزاء هياكل السيارات وبعض المنتجات الاخرى وكما هو موضح في الشكل (2-11).
وعملية السحب العميق تتم فقط للمعادن القابلة للسحب العميق مثل بعض صفائح الفولاذ وصفائح النحاس والالمنيوم .ويمكن ان تتم عملية السحب بمرحلة واحدة او مراحل عدة (سحبات عدة) يتم فيها تصغير القطر للحصول على اوعية كبيرة .

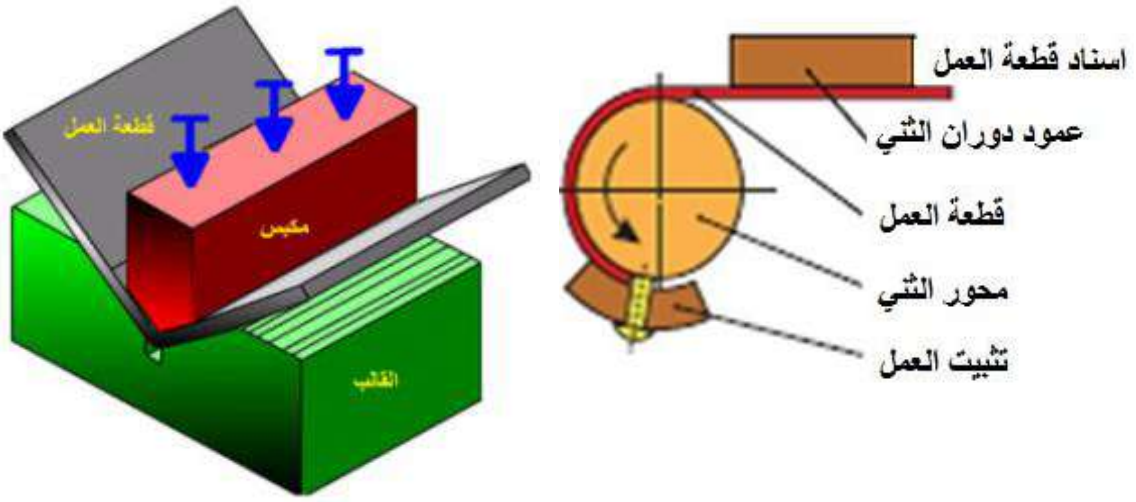


الشكل (2-11) يوضح مبدأ عملية السحب العميق

سادساً : الثني (Bending)

هي عملية تشكيل للألواح والصفائح المعدنية المستوية والقضبان والاشرطة الفولاذية لتكوين ثنية بزاوية محددة (مقاطع بزاوية وسواقي) وذلك باستعمال قالب له نفس الشكل المطلوب الحصول عليه .

وتستعمل عملية الثني لمختلف المعادن والسبائك الحديدية و اللاحديدية ، وعادة ما يتم إجراء هذه العملية في مراحل عدة. يتم استعمال المكابس سواء كانت ميكانيكية او هيدروليكية لإنجاز عمليات الثني ، حيث يتم الضغط بوساطة مكبس على القطعة المعدنية لتأخذ الشكل المطلوب. الشكل (2-12) يوضح عملية الثني.



الشكل (2-12) يوضح عملية الثني

3-3-2تشغيل المعادن (Metal Working)

تتضمن عملية التشغيل بإزالة جزء او طبقة من الأشكال الأولية للمعدن على شكل رايش للحصول على مشغولات قد تكون أجزاء او منتجات نهائية، بالأبعاد والشكل الهندسي المطلوب وبنعومة سطوح تشغيل جيدة . عملية إزالة المعدن تتم بالحركة النسبية بين أداة قطع والقطعة المعدنية المشغولة ، أداة القطع لها حافة حادة تضغط على القطعة المعدنية لإزالة جزء من المعدن.

تتم عملية التشغيل باستعمال ماكينات التشغيل الميكانيكي التي تحرك القطعة المعدنية وأدوات القطع وإزالة المعدن. إن ميكانيكية قطع المعادن في عمليات التشغيل تتم من ضغط أداة القطع على المشغولة والتي تسبب عملية قص بزاوية محددة منتجة رايش يزال من سطح المشغولة. إن شكل الرايش المتكون في عمليات التشغيل المختلفة يتراوح بين الرايش المستمر و الرايش المتقطع. الشكل (2-13) يوضح مبدأ عملية قطع المعادن وإزالة الرايش.

الشكل (2-13) مبدأ عملية قطع المعادن وازالة الرايش

ومن أهم ماكينات التشغيل الميكانيكي المخرطة والفريزة و القاشطة والمثقاب والمنشار وماكنة التجليخ والتي تقوم بعمليات الخراطة والتفريز والقشط والثقب والنشر والتجليخ.

تستعمل ادوات القطع المختلفة حسب نوع العملية كأقلام القطع في الخراطة ومقاطع التفريز (سكين القطع) وريش الثقب وأحجار التجليخ ونصل المنشار . أدوات القطع التي تقوم بالقطع وإزالة المعدن بشكل رايش من قطعة العمل المشغولة والمستعملة في هذه الماكينات او الآلات تصنع من معدن صلد تكون اكثر صلادة ومتانة من المعدن المراد تشغيله ، وتستعمل العديد من المواد الهندسية في صناعة أدوات القطع لتشغيل المعادن ويجب أن تمتاز هذه الأدوات

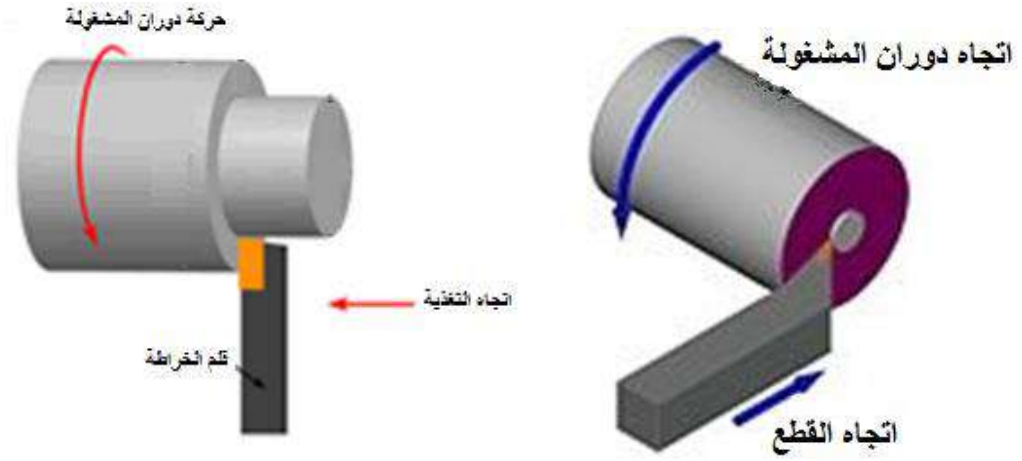
بخواص أهمها الصلادة والمتانة ومقاومة البلى ودرجات الحرارة العالية. ومن اهم المواد المستعملة في صناعة أدوات القطع، الفولاذ الكاربوني وفولاذ السرعات العالية والسبائك المصبوبة والقطع السيراميكية والماس .

أداة القطع تتحرك باتجاه المشغولة بحركات عدة، الأولى حركة تغذية عرضية تتمثل بعمق القطع وحركة تغذية طولية وهي معدل التغذية والثالثة حركة نسبية بين أداة القطع والقطعة المشغولة تتمثل بسرعة القطع .

اولاً : الخراطة (Lathing)

هي إحدى عمليات التشغيل المستعملة لإنتاج أجزاء او منتجات نهائية من إزالة طبقة من المعدن على شكل رايش من الأسطح الخارجية او الداخلية من قطعة العمل (المشغولة) المطلوب تشغيلها بوساطة جهاز المخرطة للحصول على الشكل المطلوب.

قطعة العمل المشغولة تدور بشكل دائري وتتحرك أداة القطع بحركة مستقيمة باتجاه المشغولة لإزالة طبقة المعدن وأهم الحركات الأساسية المستعملة في المخرطة هي الحركة الدورانية للمشغولة وحركة أداة القطع الطولية والعرضية باتجاه المشغولة وهي موضحة في الشكل (2-14). يتم اختيار أداة القطع والتي تسمى قلم الخراطة او قلم القطع حسب عملية الخراطة او التشغيل المطلوب انجازها، وهي تختلف من حيث الشكل ومادة الصنع وتتناسب مع خواص المعدن المطلوب تشغيله ، وتمتاز بالصلادة العالية ومقاومة الحرارة العالية.



الشكل (2-14) حركة المشغولة واداة القطع في عمليات الخراطة

توجد أنواع مختلفة من المخارط تختلف أنواعها وأشكالها حسب الشغل المطلوب إنجازه وحجم القطعة والعدد المطلوب من المشغولات. وهناك مخارط ذات التحكم بالحاسوب (CNC)

وتتم السيطرة عليها بوساطة نظام التحكم الرقمي بالحاسوب من إدخال خطوات العمل على شكل بيانات عن طريق الحاسوب. ومن أهم المخارط الشائعة الاستعمال ذات الأهمية الأولى في الورش هي المخرطة الأفقية العامة والتي تستعمل لتصنيع قطع الغيار والأجزاء الهندسية بالأشكال الاسطوانية والمخروطية وغيرها. يبين الشكل (2- 15) صورة لماكينة خراطة أفقية.

الشكل (2- 15) ماكينة خراطة أفقية

ثانياً : التفريز (Milling)

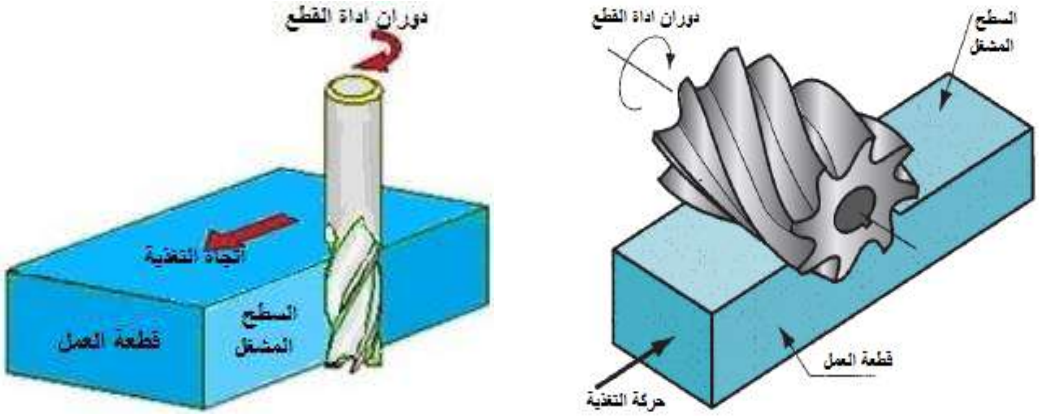
هي عملية تشغيل تجرى من خلال دوران أداة قطع متعددة الرؤوس القاطعة (أو ذات حدود قطع متعددة) تسمى سكينة القطع . أداة القطع تدور بشكل دائري وتقطع المعدن بدورانها حول محورها المركزي (حركة القطع) والقطعة المشغولة تتحرك حركة مستقيمة عمودية على محور دوران أداة القطع (حركة التغذية) .

ان حركة أداة القطع في عملية التفريز هي حركة دائرية وتستعمل عملية التفريز لإنتاج الأسطح المستوية وفتح الثقوب وعمل التروس وعمل المجاري (الاخاديد) في القطع المعدنية المشغولة.

ماكينات التفريز قد تكون عمودية أو أفقية حسب وضع عمود الدوران, والشكل (2-16) يوضح ماكينة التفريز الأفقية والشكل (2-17) يوضح ماكينة التفريز العمودية أما الشكل (2-18) يوضح مبدأ عملية التفريز (1- الأفقي 2- العمودي).

الشكل (2- 16) ماكينة التفريز الأفقية.

الشكل(2-17) ماكينات التفريز الرأسيه.



1- التفريز الأفقي. 2- التفريز العمودي.

الشكل (2-18) مبدأ عملية التفريز (1- الأفقي 2- العمودي).

ثالثاً : القشط (Shaping)

هي عملية تشغيل تتضمن قشط جزء من المعدن من سطح قطعة العمل (المشغولة) على شكل رايش باستعمال أداة قطع مناسبة للوصول الى إنتاج أجزاء أو منتجات معدنية نهائية أو شبة نهائية. وتسمى أداة القطع في هذه العملية قلم القشط .

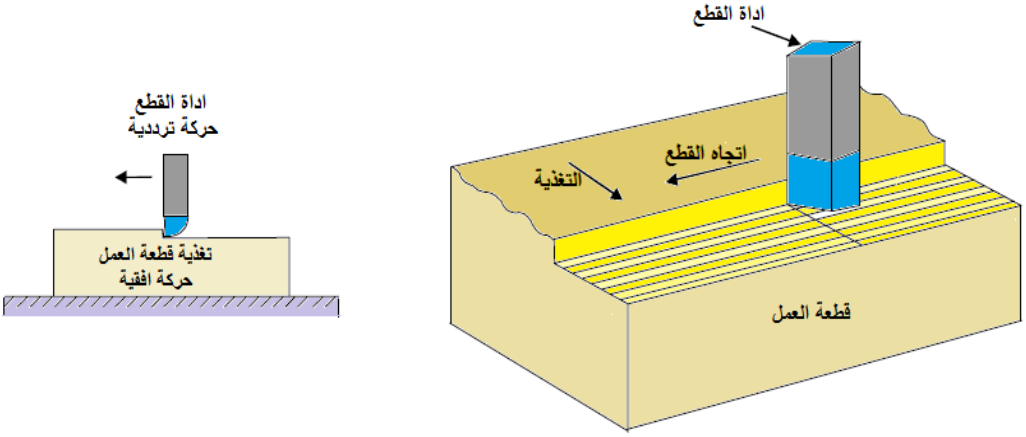
وقد تتضمن عمليات القشط تسوية الأسطح أو عمل مجاري أو حزوز بالقطعة المعدنية . ولإنجاز عملية القشط يستعمل جهاز المقشطة وتتم عملية القطع بوساطة أداة قطع والتي تسمى في هذه العملية بقلم القشط ، ويتميز جهاز المقشطة بحركته الترددية حيث تتحرك بشوطين ذهاباً وايابا ، الاول هو شوط القطع والثاني شوط الرجوع ، وتتم عملية القشط بحركة نسبية بين قلم القشط والمشغولة حيث تتحرك اداة القطع حركة مستقيمة تسمى بحركة القطع أما المشغولة فتتحرك حركة عرضية تسمى بحركة التغذية. الشكل (2-19) يوضح مبدأ عمل اداة القطع في ماكينة القشط وماكينة التسوية. أقلام القشط تكون شبيهة بأقلام الخراطة .

مكائن القشط تصنف حسب مكوناتها وطبيعة عملها إلى الأنواع التالية:

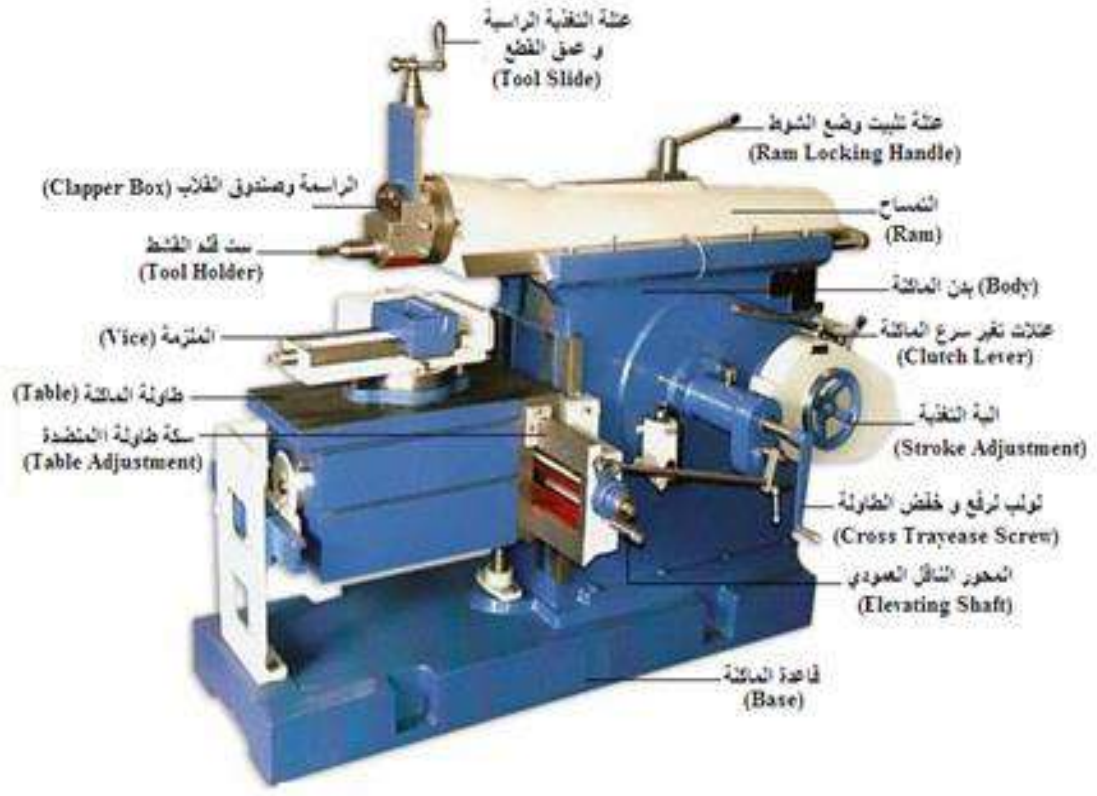
1-المقاشط النطاحة، وهي مناسبة للشغلات الصغيرة الحجم والمتوسطة ، وهي سهلة التشغيل ولا تحتاج الى مهارة عالية.

2-المقاشط ذات العربة، وفيها تتحرك الشغلة حركة ترددية أفقية وهي مثبتة على عربة وتستعمل للأشغال الكبيرة الحجم نسبياً. وهي عادة تستعمل للتسوية وفتح الأخاديد.

3-المقاشط العمودية (النقارة) ؛ في هذا النوع يتحرك قلم القطع حركة ترددية رأسية وتستعمل في تسوية الأسطح وفتح المجاري الداخلية وفتح الأسنان الداخلية والخارجية في التروس الكبيرة. الشكل (2-20) يبين ماكينة القشط النطاحة وذات العربة (ماكينة تسوية).



الشكل (2-19) مبدأ عمل اداة القطع في ماكينة القشط وماكينة التسوية

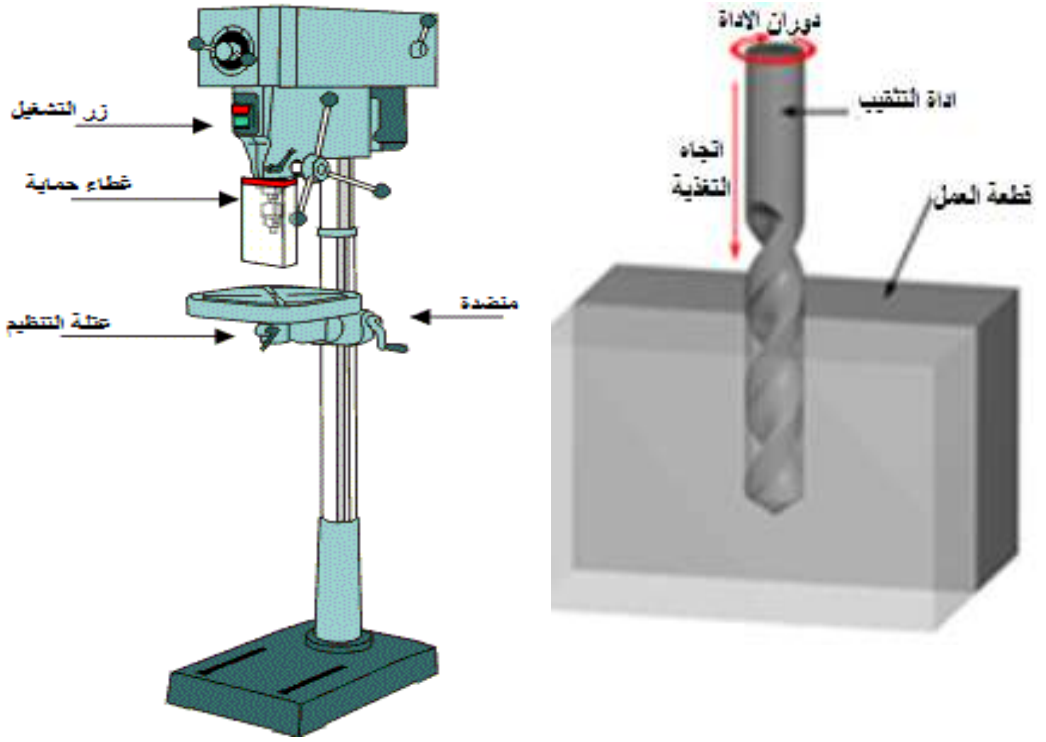


الشكل (2-20) ماكينة القشط النطاحة

رابعاً : التثقيب (Drilling)

التثقيب هي عملية تشغيل لعمل ثقب في قطعة معدنية او خشبية تُنجز بحركة قطع دائرية من قبل المثقاب ، حيث تعمل الحدود القاطعة لأداة القطع(ريشة القطع) التي تُركب في المثقاب على قطع المعدن وإزالة الرايش وتكوين فتحات أو ثقوب دائرية وبأقطار حسب المطلوب.

الشكل (2-21) يوضح مبدأ عملية التثقيب وصورة لماكينة تثقيب. تتكون عملية الثقب من حركتين أساسية ، الأولى هي حركة دورانية لأداة القطع حول محورها وتسمى بحركة القطع، والثانية حركة عمودية باتجاه محور الآلة القاطعة وتسمى بحركة التغذية، هناك أنواع مختلفة من المثاقب منها اليدوية والمنضدية والعمودية وذات الدف.



الشكل (2-21) مبدأ عملية التثقيب وماكينة تثقيب

خامساً : التجليخ (Grinding)

يقصد بعمليات التجليخ (الحك) أو التآكل الميكانيكي بالإحتكاك او السن. وهي أحدى عمليات التشغيل التي تستعمل في الورش لأغراض تنعيم وتسوية الأسطح (التشطيب) والقطع والتي تضمن الحصول على نعومة سطح عالية ودقة أبعاد عالية. وتتم عملية التجليخ بإزالة أجزاء صغيرة أو طبقة رقيقة جداً من المعدن عن طريق أداة تسمى حجر التجليخ .

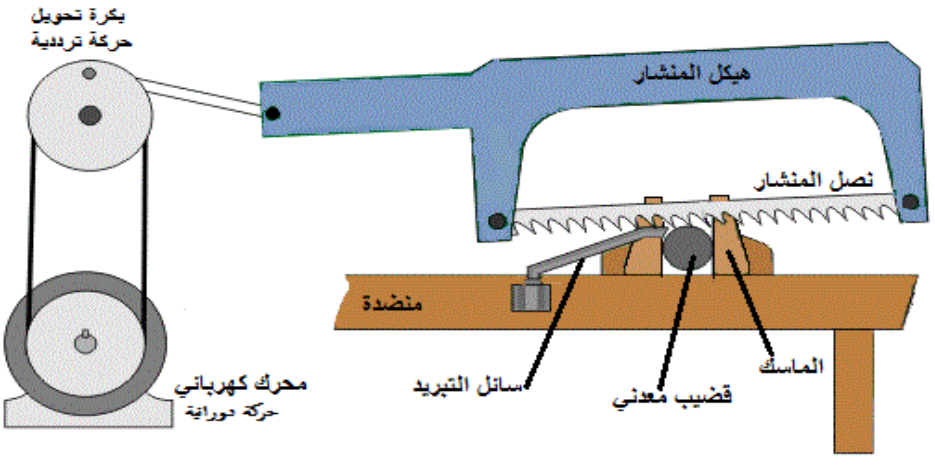
ويصنع حجر التجليخ من حبيبات قطع صلبة تسمى "المادة الحاكة" موضوعة في أرضية تسمى المادة الرابطة والتي تثبت الحبيبات ، وتصنع المواد الحاكة من مواد صلدة جداً مثل كاربيد السليكون أو أوكسيد الألمنيوم. وتصنف أحجار التجليخ حسب حجم الحبيبات الحاكة ودرجة صلادتها وتستعمل أحجار التجليخ بأشكال مختلفة أهمها الأحجار القرصية. وتُنجز عمليات التجليخ بوساطة ماكينات التجليخ وتكون حركة أداة القطع حركة دورانية ، والمشغولة تكون حركتها أما دورانية في حالة تجليخ السطوح الأسطوانية او تكون حركة مستقيمة في حالة تجليخ السطوح المستوية. الشكل (2-22) أجزاء ماكينة التجليخ الثابتة.

الشكل (2-22) ماكينة التجليخ الثابتة

سادساً : (النشر Sawing) القطع بالمنشار

عملية القطع بالمنشار (النشر) تستعمل في قطع الخامات المعدنية والقضبان المعدنية ذات المقاطع الأسطوانية أو المربعة أو المستطيلة لغرض تجهيزها لعمليات تصنيع لاحقاً من استعمال شفرات مناشير ذات أسنان قاطعة (نصل) وتتحرك بشكل ترددي مع استعمال ضغط مناسب .الشكل (2-23) صور توضح عملية التشغيل بالنشر.

هناك نوعان من المناشير هي المناشير اليدوية والمناشير الآلية. بالنسبة للمناشير الآلية هناك أنواع عدة منها الشريطي والترددي والقرصي .



الشكل (2-23)عملية التشغيل بالنشر

4-2 الربط والوصل (joining)

الربط والوصل هي عملية ربط أو وصل المعادن أو الأجزاء المعدنية التي تتكون من جزئين أو أجزاء عدة صغيرة لتكوين جزء كبير واحد أو منتج بأشكال خاصة لا يمكن تصنيعها او تشكيلها بالطرق الاخرى من صنع الأجزاء الصغيرة كل على حدة ومن ثم توصيل هذه الأجزاء مع بعضها البعض للحصول على المنتج المطلوب بالشكل والأبعاد المحددة.

العديد من المنتجات في حياتنا اليومية تتكون من أجزاء عدة يتم ربطها أو وصلها لتكوين المنتج النهائي ، ومن الأمثلة الواضحة ، السيارة او الطائرة التي تتكون من مئات الاجزاء والتي تصنع بمختلف عمليات التصنيع ومن ثم يتم ربطها أو وصلها بطرق الربط أو الوصل حتى يؤدي المنتج الوظيفة المطلوبة منه.

وقد يتم تجميع جزء ثانوي معين بربط اجزاء عدة صغيرة ومن ثم يتم تجميع الاجزاء الصغيرة الثانوية لتكوين المنتج النهائي الكبير.

ويمكن أن تتم عملية ربط او وصل المعادن أو الأجزاء المعدنية بعدة طرق منها:

أ- الربط أو الوصل المؤقت (وصلات قابلة للفك) ؛ في هذا النوع يمكن استعادة الحالة الأصلية للقطعتين بدون الحاجة إلى تخريب الوصلة وبكل سهولة ، مثال ذلك المسامير الملولبة (البراغي) والصامولات.

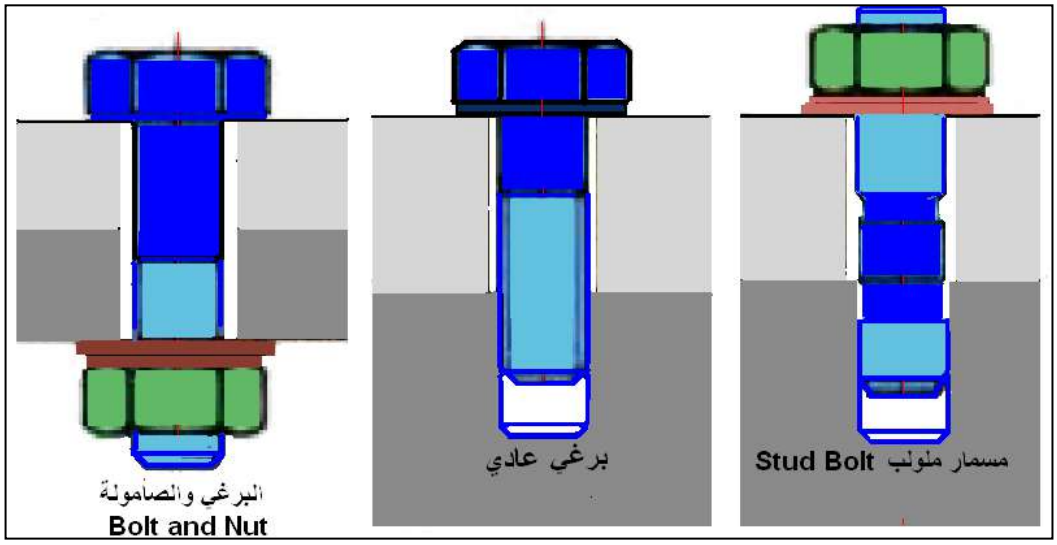
ب- الربط او الوصل الدائم ؛ وهي وصلات غير قابلة للفك ونحتاج إلى قطع الوصلة إذا أردنا اعادة فصل القطعتين مرة أخرى، ومن الامثلة اللحام واللصق.

ج- الربط شبه الدائم (واحياناً تصنف ضمن الوصل الدائم) ؛ هنا نحتاج إلى تدمير مادة الوصل في حالة فصل القطعتين ولكننا نحافظ على القطع الموصولة وهي حالة وسط بين النوعين السابقين، ومثال ذلك البرشمة.

1-4-2 الربط أو الوصل المؤقت

تستعمل عملية الوصل المؤقت في ربط وتوصيل وتركيب أجزاء مختلفة مع بعضها للحصول على منتج يمكن فكه واعادة ربطهُ أكثر من مرة عند الحاجة دون حصول ضرر للأجزاء الموصلة أو عناصر التوصيل مثل المسامير الملولبة (البراغي) والصامولات . وتُعد طريقة الوصل المؤقت من طرق الوصل الميكانيكية التي لا يمكن الإستغناء عنها في الكثير من الأعمال الميكانيكية التي تتطلب عمليات صيانة مستمرة مثل السيارات وخطوط أنابيب المياه والجسور المؤقتة وكذلك الهياكل الإنشائية وغيرها. الشكل (2-24) عمليات ربط هياكل إنشائية بوساطة المسامير الملولبة (البراغي والصامولات) .

تتم عملية الوصل بوساطة المسامير الملولبة والصامولات من عمل ثقوب في الأجزاء التي يراد توصيلها أو ربطها ، هذه الثقوب التي تكون نافذة أو غير نافذة يجب أن تتناسب مع مقاسات المسامير لكي يتم الربط بشكل جيد وبقوة تمنع تفكك الوصلة أثناء العمل .



الشكل (2-24) عمليات ربط بوساطة المسامير الملولبة (البراغي والصامولات)

توجد المسامير الملولبة بأنواع وأشكال مختلفة حسب مقياس القطر والطول وشكل رأس المسمار وعدد اسنان المسمار(طول المنطقة الملولبة) ، وتوجد أنواع مختلفة من الصامولات التي يجب أن تتناسب مع المسامير الملولبة المستعملة ونوعية الاجزاء المعدنية الموصلة . وتستعمل احياناً حلقات مسننة أو حلقات نابضية لتثبيت الصامولة مع المسمار وقطعة العمل بشكل تام وقوي. الشكل (2-25) يبين أنواع من المسامير الملولبة (البراغي).

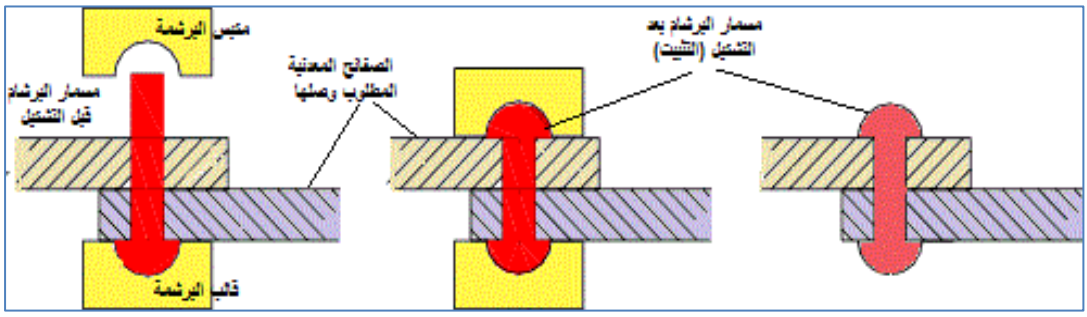
الشكل (2-25) انواع من المسامير الملولبة (البراغي) .

2-4-2 الربط او الوصل شبه الدائم (البرشمة) (Riveting)

البرشمة هي تقنية تستعمل لربط أو تثبيت القطع المعدنية والصفائح والألواح الرقيقة ، وهي عبارة عن معدن بشكل ساق اسطواني مع رأس في أحد نهاياته والتي يتم ادخالها في ثقوب في المواد او القطع التي يراد تثبيتها ، الرأس البارز يتم تسويتهُ لربط القطعتين معاً.

يتم ربط وتثبيت الألواح والصفائح الرقيقة بوساطة البرشام لان اللحام يمكن أن يغير في مواصفات المعدن ويشوه الصفيحة المعدنية. وهي مفيدة جداً في حالة عدم القدرة إلى الوصول إلى الجزء الخلفي من الأجزاء المراد وصلها حيث يتم عمل ثقب في هذه الأجزاء ثم تثبت بالبرشام. شكل (2-26) يوضح أنواع من البراشيم والشكل (2-27) يوضح عملية البرشمة للصفائح الرقيقة والسميكة وأنواع من البراشيم المستعملة في ربط الصفائح.

شكل (2-26) انواع من البراشيم



الشكل (2-27) عملية البرشمة للصفائح الرقيقة والسميكة.

قبل تطوير تقنيات اللحام استعملت البراشيم في تثبيت المباني والهياكل مثل برج ايفل وبعض الجسور الحديدية وغيرها ، وكذلك استعملت في هياكل السيارات. في الوقت الحاضر لازالت البراشيم تستعمل في التطبيقات التي تحتاج الى المتانة وخفة الوزن مثل هياكل الطائرات. وهناك أسباب أخرى لاختيار البرشمة كعملية وصل أو ربط منها الكلفة المنخفضة وسهولة العملية.

3-4-2 اللحام (Welding)

اللحام هو وصل أو ربط قطعتين أو جزأين معدنيين أو أكثر مع بعضهما باستعمال الحرارة أو الضغط أو كليهما ويوفر اللحام عملية وصل دائمة.

الحرارة المستعملة لصهر المعدن يتم توليدها عن طريق احتراق الغازات او من القوس الكهربائي او المقاومة الكهربائية ، والضغط يستعمل احياناً على الأجزاء المراد لحامها ، وقد يتم استعمال معدن أو سلك لحام اضافي لها نفس خواص المعدن الأصلي في منطقة اللحام وتصبح القطع الملحومة قطعة واحدة لها نفس الخواص.

ويستعمل اللحام على نطاق واسع كعمليات التركيب وفي عمليات الإصلاح في الصناعات المختلفة. بعض التطبيقات العملية للحام تشمل تصنيع السفن وأوعية الضغط، والسيارات، والجسور والأنابيب الملحومة . يمكن أن يتم لحام معظم المعادن والسبائك بنوع واحد من عملية اللحام أو بأخرى, ومع ذلك فان بعضها أسهل من غيرها في اللحام.

هناك طرق مختلفة لتصنيف عمليات اللحام ، على سبيل المثال ، التصنيف على أساس مصدر الحرارة، لهب ، قوس ، وغيرها ، او على اساس حالة المعدن اما صلبة او سائلة (منصهرة). ومع ذلك هناك تصنيف عام يتضمن اللحام الغازي ولحام القوس الكهربائي ولحام المقاومة الكهربائية ولحام الحالة الصلبة ، وعمليات أخرى مثل لحام المونة (لحام التبريس) الربط بالالتصاق. وفيما أدناه استعراض لهذه الأنواع :

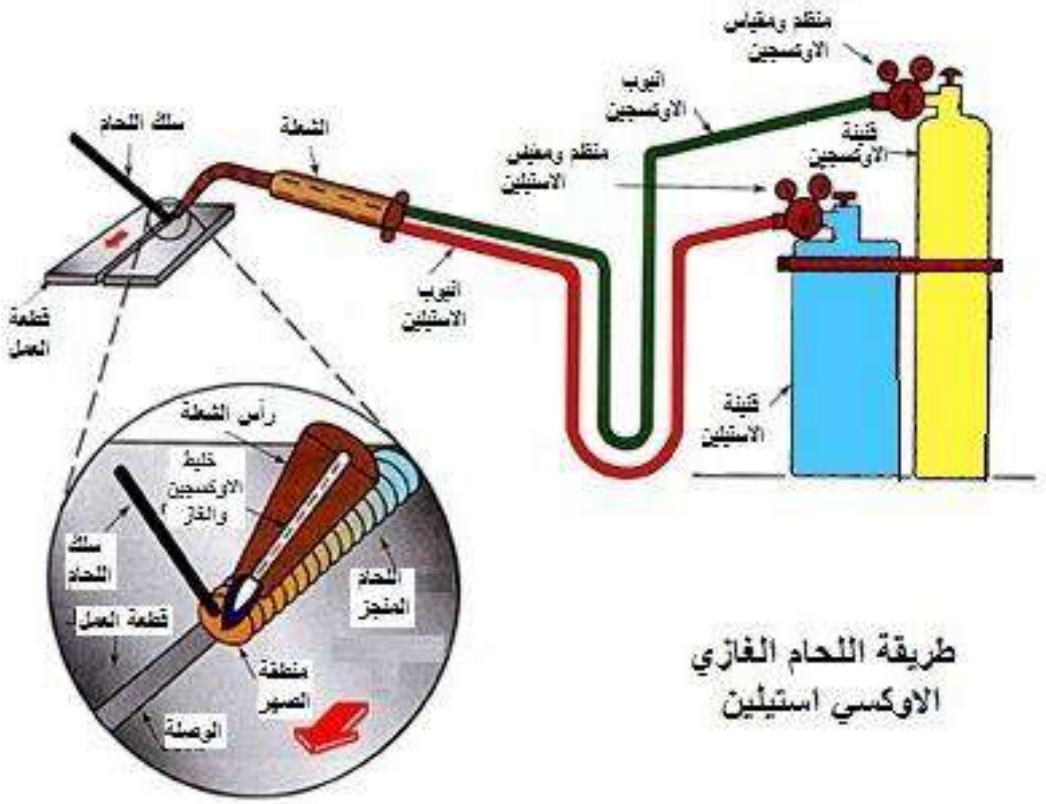
أولاً : اللحام الغازي (Gas Welding)

هو أحد عمليات اللحام التي تستعمل لوصل المعادن بالانصهار وذلك باستعمال حرارة الإحتراق الناتجة من خليط من غاز الأوكسجين الهواء والوقود (مثل الأسيتيلين، الهيدروجين البروبان أو البيوتان). الحرارة الشديدة (اللهب) الناتجة من احتراق خليط الغازات تذوب وتصهر معاً حواف القطع المعدنية التي يراد لحامها. الوقود المستعمل والأكثر شيوعاً هو الأسيتيلين ، ويمكن أيضاً استعمال الغازات الأخرى غير الأسيتيلين على الرغم من أنها تتميز بانخفاض درجة حرارة اللهب.

شعلة الأوكسي الأسيتيلين هو الأكثر حرارة من اللهب الناتج عن مزيج الأوكسجين والغازات الأخرى من الوقود . الغازات الأخرى مثل الهيدروجين ، البروبان ، البيوتان و الغاز الطبيعي، يمكن أن تستعمل لبعض التطبيقات .

ثانياً : لحام الأوكسي أسيتيلين (Oxy Acetylene Welding)

في هذه العملية، يتم خلط غاز الأسيتيلين مع غاز الأوكسجين بنسب محددة في شعلة اللحام ومن هذا جاء أسم الطريقة ، اللهب الناتج من الشعلة يكون بدرجة حرارة عالية وكافية لإذابة ووصل المعادن ، وتصل درجة الحرارة الى حوالي 3300 درجة مئوية ، وبالتالي يمكن أن تذوب معظم المعادن الحديدية وغير الحديدية الشائعة . ويمكن أن يتم لحام الاوكسي أسيتيلين مع أو بدون استعمال سلك اللحام المعدني ، ويعمل منظم ضغط الغاز لتنظيم جريان الأسيتيلين وغاز الأوكسجين من الاسطوانات. يدة شعلة اللحام هي أداة لخلط الأوكسجين والأستيلين في النسب الصحيحة وحرق الخليط في النهاية . الشكل (2-28) يوضح معدات وعملية اللحام الغازي بالأوكسي أسيتيلين.



الشكل (2-28) عملية اللحام الغازي بالأوكسي أسيتيلين

ثالثاً : لحام القوس الكهربائي (Electric Arc Welding)

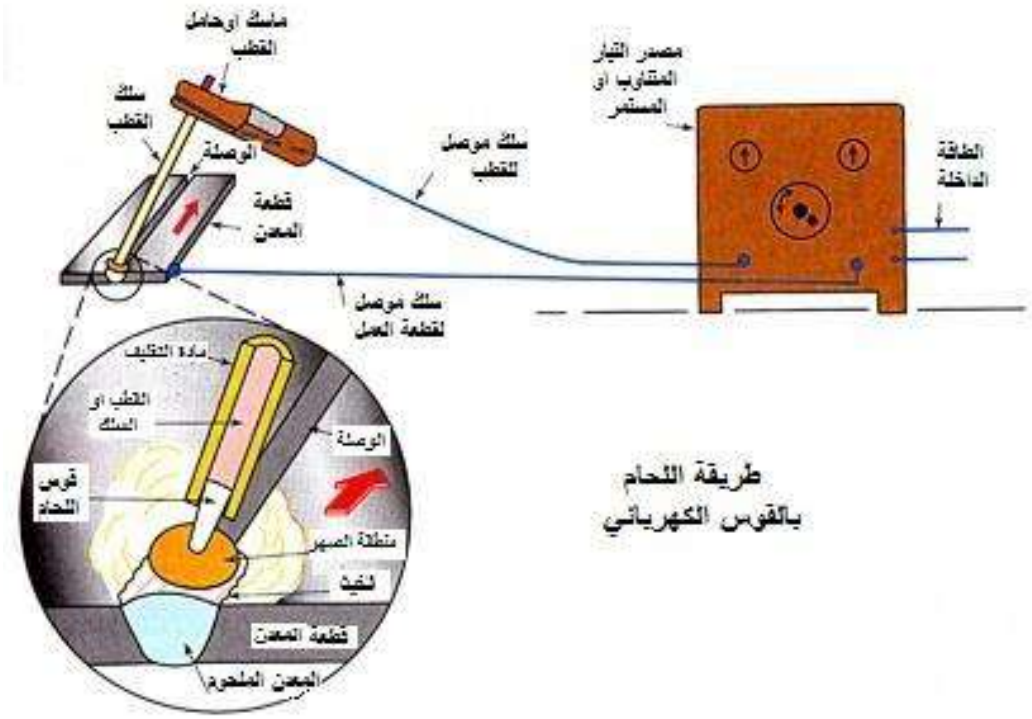
وتسمى عملية اللحام هذه بالقوس الكهربائي نظراً لتكون (لتولد) قوس كهربائي بين قطب (ألكترود) اللحام وقطعة الشغلة عن طريق إمرار تيار كهربائي ، ويكون هذا القوس هو مصدر الحرارة لعملية اللحام . مصدر الطاقة الكهربائية المستعملة لتوليد القوس الكهربائي هو مصدر للتيار المباشر(المستمر) أو المتناوب، ولكل منها تطبيقاته الخاصة ، ويتم ايصال

أحد أسلاك التيار الكهربائي إلى القطب المعدني من يدة اللحام والسلك الآخر من التيار يتم إيصاله الى المشغولة. يقوم القطب المعدني (الألكترود) بعمليتين أساسيتين ؛ الأولى هي امرار التيار الكهربائي ، والثانية في حالة استعمال سلك لحام يعمل كمادة حشو تنصهر وتترسب في منطقة اللحام لتكوين وصلة اللحام ، الشكل (2-29) يوضح معدات وعملية اللحام بالقوس الكهربائي. هناك طرق عدة لهذا النوع من اللحام منها ؛ لحام القوس الكربوني ولحام القوس المعدني و لحام القوس المغمور و لحام القوس من المعدن المغطى وغيرها.

القطب أو إلالكترود هو قطعة من سلك أو قضيب من المعدن أو سبيكة ، مع أو بدون طلاء وتصنف أسلاك اللحام إلى الأنواع التالية:

(1) أقطاب مستهلكة : ومنها الأقطاب الكهربائية المغلفة والأقطاب الكهربائية غير المغلفة.

(2) اقطاب غير القابلة للاستهلاك : ومنها أقطاب الكربون أو أقطاب الجرافيت.

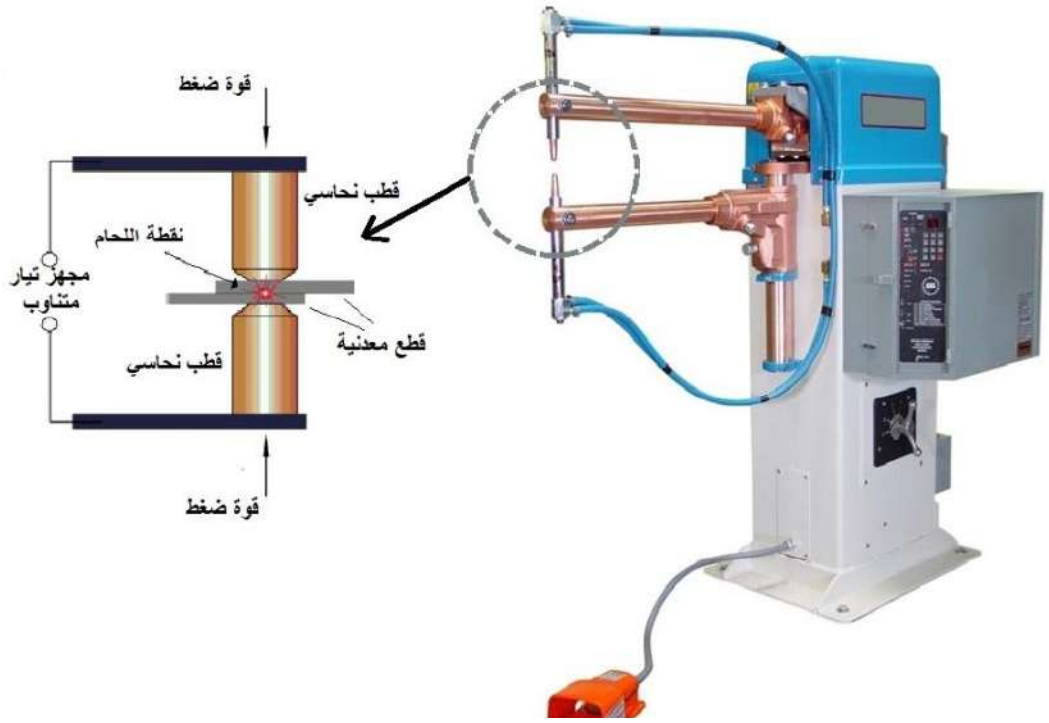


الشكل (2-29) عملية اللحام بالقوس الكهربائي

رابعاً : لحام المقاومة الكهربائية (E .R. W) (Electrical Resistance Welding)

في هذه العملية يستخدم مبدأ مقاومة سريان التيار الكهربائي والتي تسبب ارتفاع درجة الحرارة. القطعتان المعدنيتان اللتان يراد وصلهما توضعان بين قطبين كهربائيين متقابلين، وعندما يسري تيار كهربائي عالي الشدة خلال هذين القطبين تتولد حرارة عالية نتيجة

المقاومة في منطقة تماس القطعتين مما يؤدي إلى انصهارها جزئياً، وباستعمال ضغط مناسب على القطعتين وبعد وقف مرور التيار الكهربائي تتجمد المنطقة المنصهرة جزئياً و توصل القطعتان وتتم عملية اللحام . هناك أنواع عدة من لحام المقاومة الكهربائية مثل لحام النقطة ولحام الدرز، وتعد من طرق اللحام النظيفة حيث لا تتأثر المنطقة المجاورة لمنطقة اللحام وذات تكاليف منخفضة. وتستعمل للحام الأنابيب والصفائح المعدنية الرقيقة ويمكن ملاحظة إن أجزاء عدة من هياكل السيارات تكون ملحومة بهذه الطريقة. والشكل (2-30) يظهر ماكينة لحام المقاومة الكهربائية وتفاصيل منطقة اللحام .



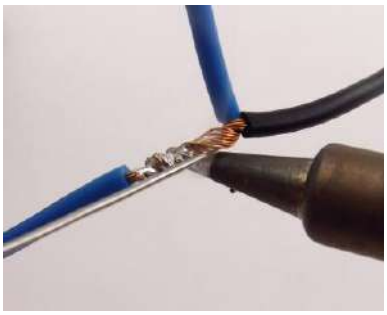
الشكل (2-30) ماكينة لحام المقاومة الكهربائية

خامساً : لحام الكاوية او السمكرة

ويدعى ايضا بلحام القصدير أو لحام الكاوية أو اللحام اللين ، وهي طريقة لوصل المعادن ، وفي هذه العملية توضع طبقة رقيقة من سبيكة مصهورة بين سطحي المعدن المراد وصلهما وعند تجمد هذه المادة المعدنية يتم الوصل . وتكون درجة حرارة انصهار السبائك المستعملة في هذه العملية اقل من درجة حرارة الأجزاء المعدنية المراد وصلها.

إن الوصل بالسمكرة يستعمل في عمل التوصيلات الكهربائية وفي وصل الألواح والأوعية المعدنية الرقيقة ، وهو لحام ضعيف نسبياً ولا يستوجب استعماله في الحالات التي تتعرض فيها الأجزاء المعدنية إلى اهتزازات أو درجات حرارة عالية . السبائك المستعملة في هذه الطريقة هي سبائك الرصاص والقصدير بنسب مختلفة حسب الأغراض التي تستعمل فيها ،

وهي ذات درجة انصهار واطئة ما بين (183- 250) م° التي هي أوطأ من درجة انصهار جميع المواد الملحومة أقل من(450 م°). وتستعمل مساعدات صهر لإزالة الشوائب والأكاسيد أثناء عملية الوصل. وتستعمل الكاوية الكهربائية بشكل واسع في هذه الطريقة لصهر سبيكة اللحام وأنجاز الوصلة الشكل (2-31) يوضح عملية اللحام بالكاوية.



الشكل (2-31) عملية اللحام بالكاوية

سادساً : لحام المونة (لحام التبريس)

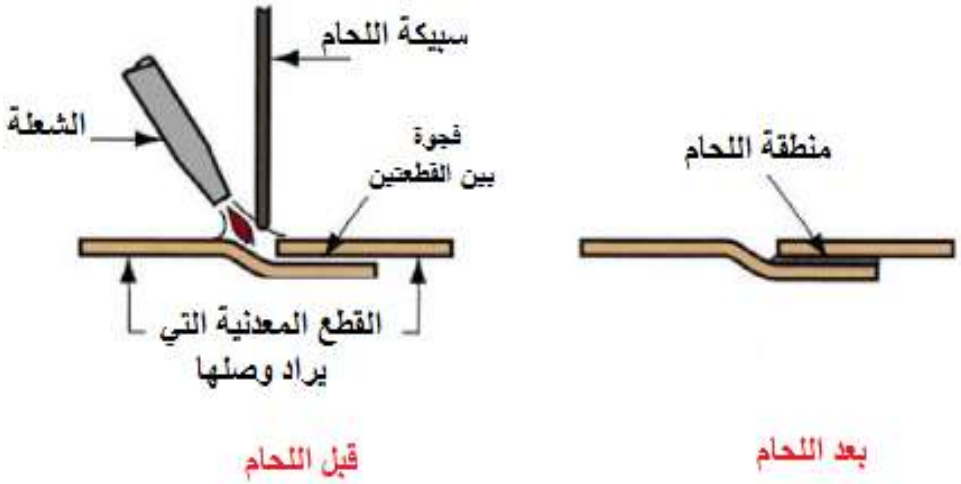
ويسمى أيضاً بلحام التبريس أو لحام المونة وتتشابه مع طريقة اللحام بالسمكرة حيث توضع طبقة رقيقة من سبيكة مصهورة بين سطحي المعدن المراد وصلهما وعند تجمد هذه المادة المعدنية يتم الوصل. وتكون درجة حرارة انصهار السبائك المستعملة في هذه العملية أقل من درجة حرارة الأجزاء المراد وصلها ، وتكون درجة حرارة السبائك المستعملة أكثر من 450 درجة مئوية، وهي أفضل من وصلات السمكرة من حيث خواصها الميكانيكية وذلك لحصول تشابك جزئي بين مادة الوصل والأجزاء التي يتم وصلها .

وتستعمل طريقة اللحام بالمونة لوصل المعادن المتماثلة وغير المتماثلة مثل بعض أنواع الصلب والنحاس الأصفر وكذلك النيكل ومعادن وسبائك أخرى. الشكل (2-32) يوضح عملية اللحام بالمونة.

أهم السبائك المستعملة في الوصل بالمونة هي السبائك التي أساسها النحاس أو الفضة. وتستعمل في عملية الوصل بالمونة مساعدات صهر تماثل في وظيفتها مساعدات الصهر المستعملة في الوصل بالسمكرة وتتركب من بعض المواد الكيمياوية مثل البوراكس أو مزيج حامض البوريك والبوراكس.

وهنالك طرق عدة تستعمل لصهر سبيكة الوصل بالمونة ويتوقف انتقاء أي منها على نوع الشغلة وحجمها وعددها وعلى المعدات اللازمة المتوفرة وأهم طرق التسخين المستعملة

لصهر سبيكة الوصل بالمونة هي مشاعل اللهب الغازي والحث الكهربائي والمقاومة الكهربائية.

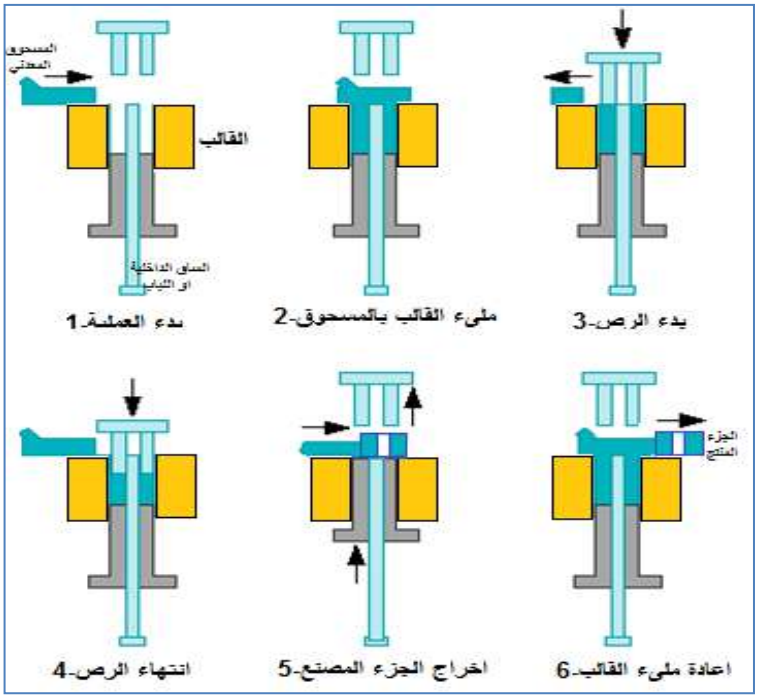


الشكل (2-32) عملية اللحام بالمونة.

5-2 تكنولوجيا المساحيق (Powder Technology)

هي تقنية تصنيع لإنتاج أجزاء معدنية من مساحيق معدنية لمعدن واحد أو لمعادن عدة أو مزيج من مواد معدنية ومواد غير معدنية، وتستعمل لتشكيل المعادن والسبائك التي لا يمكن تشكيلها بعمليات التشكيل والتشغيل الميكانيكية الاعتيادية. وتتألف التقنية من ثلاث عمليات رئيسة الأولى تتضمن تحضير وتهيئة مسحوق المعادن بحجم حبيبات صغيرة جداً (مسحوق ناعم) ، وخلطها ومزجها، ومن ثم وضع أو حقن المسحوق في قالب ورصه تحت ضغط مناسب ، الجزء المنتج من القالب تكون بنيتهُ ضعيفة التماسك وقريبة من ناحية الحجم للشكل المراد انتاجه. بعد ذلك يتم تلبيده ولفترة مناسبة باستعمال درجة حرارة عالية، أقل من درجة حرارة انصهار المسحوق المعدني، تحت هذه الحرارة العالية يحدث ترابط بين حبيبات المسحوق المعدني وعند تبريده يكون المسحوق قد تشكل كجزء معدني صلب.

الشكل (3-33) يوضح خطوات تصنيع جزء معدني (اسطواني مجوف) بطريقة تكنولوجيا المساحيق. والتلبيد هو تسخين كمية مضغوطة من مسحوق إلى درجة حرارة تقرب من درجة انصهارها دون أن تبلغها، حتى تتلاصق جزيئاتها وتنخفض مساميتها وتزداد مقاومتها الميكانيكية.



الشكل (2-33) خطوات تصنيع جزء معدني
(اسطواني مجوف) بطريقة تكنولوجيا المساحيق

يتم استعمال تكنولوجيا المساحيق عادة للمعادن ذات درجة حرارة الانصهار العالية بالإضافة إلى الصلب والألمنيوم والنحاس وسبائكها ، لذلك تصنع المنتجات السيراميكية بطريقة تكنولوجيا المساحيق. ويبدأ تصنيع المواد السيراميكية من مساحيقها وليس من منصهراتها ، لان الحصول على منصهر من مادة سيراميكية صعب جدًا وذلك لارتفاع درجة حرارة انصهار المواد السيراميكية أكثر من(2000 م° في أكثر الأحيان)، ولصعوبة احتواء المنصهر السيراميكي في قالب درجة حرارة انصهاره محدودة. اختيار المواد في تكنولوجيا المساحيق يعتمد على عوامل عدة منها السبيكة المطلوبة للمنتج النهائي والخواص الفيزيائية المطلوبة للمسحوق المعدني. وهناك طرق عدة لإنتاج المساحيق المعدنية منها الطحن والترذيذ والقشط والبرادة وطرق الترسيب الكهربائي من المحاليل ويعتمد اختيار الطريقة المناسبة لإنتاج المساحيق على حجم الحبيبات وشكلها والخواص الكيميائية للمسحوق وكلفة العملية. عملية كبس او رص المساحيق تجرى في قوالب مصنوعة من مواد تمتاز بالصلادة والمتانة والمقاومة العالية.

من مميزات تكنولوجيا المساحيق هو انتاج وتصنيع مكونات هندسية معقدة فى شكلها النهائي دون الحاجة لعمليات تشغيل لاحقة وبكميات كبيرة ، ولذلك تعد اقتصادية وكمية الفقدان في المادة قليل مقارنة بالطرق الاخرى.

أسئلة الفصل الثاني

س1: ما أهم العمليات المستعملة في التصنيع؟

س2: عرف عملية الدرفلة، مع بيان طريقة إجراءها، موضحاً ذلك بالرسم التخطيطي؟

س3: عدد أهم عمليات التشكيل؟

س4: ما الفرق بين التشكيل على البارد والتشكيل على الساخن؟

س5: كيف يتم التشكيل بالحدادة، وضحها مع الرسم، ثم عدد أنواع المكابس المستعملة في انجازها مبينا أفضلها نوعاً؟

س6: يستعمل البثق لتشكيل المعادن اللاحديدية، وضح تلك العملية وأهم منتجاتها، مع بيان أنواع تلك العملية، موضحاً ذلك بالرسم؟

س7: عدد أهم عمليات التشغيل؟

س8: وضح بالرسم مبدأ عملية القطع وتكوين الرايش؟

س9: لماذا تستعمل عملية التفريز؟

س10: عدد أهم طرق الوصل أو الربط ؟

س11: ما أهم أنواع اللحام ؟

س12: ما أهم أنواع الغازات المستعملة في اللحام الغازي؟ وما الغاز الأكثر شيوعاً ؟

س13: ما درجة الحرارة في شعلة لحام الأوكسي اسيتيلين ؟

س14: ما أهم خطوات عملية التصنيع بتقنية المساحيق ؟

الفصل الثالث

مبادئ أساسية في السباكة

Fundamentals Principles of Casting

الأهداف : بعد الانتهاء من دراسة الفصل يكون الطالب قادراً على أن :

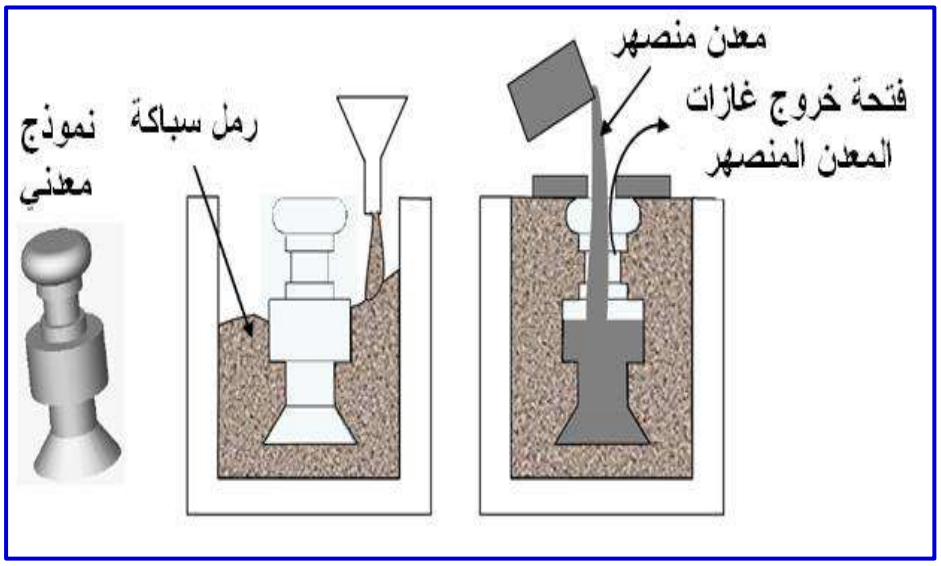
1. **يدرك الأهمية الاقتصادية والصناعية للسباكة.**
2. **يتعرف على أقسام المسبك ووظائفها.**
3. **يتعرف على السباكة الرملية والسباكة في القوالب الدائمية.**
4. **يفهم الطرق الخاصة في السباكة.**
5. **يتعرف على أنواع المصبوبات.**
6. **يميز بين الخواص التكنولوجية للمسبوكات.**

3 - 1 تمهيد

تُعد سباكة المعادن واحدة من أقدم الصناعات في مجال عمليات تشكيل المعادن حيث يرجع تاريخها إلى 4000 سنة قبل الميلاد، وقد دلت على ذلك المسبوكات الأثرية التي تم اكتشافها على شكل تماثيل بشرية وأدوات كان الأنسان يستعين بها في الحضارات القديمة . وقد تطورت هذه الصناعة مع تطور أنماط حياة الأنسان عبر التاريخ، إن عمليات سباكة المعادن بالطرق التقليدية تعتمد بصورة أساسية على مهارة العامل وقدرته على ضبط العمليات المختلفة من مقالبة وصهر وصب وفحص وتشغيل من أجل الوصول إلى الجزء المطلوب إنتاجه. إن التطور في مجال تكنولوجيا السباكة يُعد السمة البارزة في عصرنا الحالي وإن هذا التقدم مدين للمبادئ الأساسية في السباكة والممارسات التطبيقية المستمرة للأساليب التقليدية للإنتاج إلى جانب مواكبة التطور الذي أحدثته التقنية في طرق الإنتاج الصناعي التي تشمل عمليات سباكة المعادن، تشكيل المعادن، لحام المعادن، عمليات التشغيل على آلات القطع، إنهاء السطوح ومعالجتها، وعمليات التجميع والتركيب، مما أدى إلى ظهور ماكينات السباكة بالقوالب المعدنية وماكنة السباكة التدويمية (الطرد المركزي) . أن التطور في وسائل الانتاج أثناء الحرب العالمية الثانية كان لها تأثيراً كبيراً في تطور تصنيع ماكينات CNC (ماكينات التحكم الرقمي) ، حيث كانت صناعة الطائرات في هذا الوقت تعاني من مشاكل كثيرة نتيجة للتطور الكبير في تصميم أجزائها ذات التعقيدات الكبيرة في الشكل والدقة العالية في المقاسات التي لا يمكن الحصول عليها باستعمال طرق السباكة التقليدية اضافة للحاجة إلى تكرار إنتاج هذه الأجزاء بنفس المواصفات سواء في الشكل أو الدقة المطلوبة التي كان من غير الممكن ضمانها باستعمال الأساليب التقليدية ، منذ منتصف القرن العشرين حدثت تطورات عدة علمية وتقنية، وكان من أبرزها اختراع الحاسب الذي يشكل العمود الفقري لتطور تقنيات عدة صناعية من تحكم رقمي وروبوت وتصنيع مدعم بالحاسوب (CAM) ونظم تصنيع مرنة , أن برمجة التحكم الرقمي التي تستعين بالحاسوب تعرف ببرمجة الأجزاء المعانة بالحاسوب . وقد وفرت هذه التقنيات إمكانية تصميم المسبوك ومعرفة معدل تدفق المعدن المنصهر ودرجة حرارته في أي موضع داخل جهاز الصب ومعرفة العيوب المحتملة الظهور بإمكانية المحاكاة على جهاز الحاسوب . وقد ساعدت التقنيات الحديثة على سباكة منتجات ذات دقة عالية وتكلفة منخفضة باستعمال ماكنات السباكة بالقوالب المعدنية المعانة بالحاسوب (CNC) (Computer Numerical Cutting).

3 - 2 الأهمية الاقتصادية والصناعية للسباكة

سباكة المعادن أو الصب في قوالب، هي عملية الحصول على مسبوكات بسكب المعدن المصهور في تجويف قالب له شكل المنتج المطلوب تصنيعه ، وبعد تجمد المعدن يتم استخراج المسبوكة من القالب كما موضح في الشكل (3-1) . فالمسبوكات هي منتجات سباكة المعدن المنجزة بعملية مفردة من معدن مصهور من دون أي عملية من عمليات التشغيل الميكانيكي مثل الدرفلة. حيث تختلف منتجات الطرق الميكانيكية كالطرق والدرفلة عن المصبوبات المعدنية المنتجة بطريقة السباكة علما أن هناك عمليات أخرى لكل منها صفاتها الخاصة فالتشغيل بالماكنات والطرق واللحام والطبع والتشكيل على الساخن وغيرها تُعد طرقاً أخرى للحصول على الأجزاء المختلفة كإنتاج نهائي أو أجزاء تكميلية كما أن المواد الأساسية المستعملة في تصنيع هذه الأجزاء تكون أصلاً منتجة أو مصنعة بوساطة السباكة. وُيعد المسبك هو المكان المخصص لإنتاج المسبوكات ، تعد السباكة من أسرع طرائق الإنتاج وأكثرها اقتصادية، وهي مهمة جداً في الحصول على منتجات ذات جودة عالية .



الشكل (3-1) سباكة معدن منصهر

تمتاز عملية السباكة عن باقي عمليات التشكيل الاخرى بما يأتي :

1. يمكن الحصول بوساطة السباكة على منتجات ذات أشكال معقدة وبكميات كبيرة.
2. يمكن أعادة الإنتاج أكثر من مرة بسهولة وبتكلفة قليلة.
3. القطع المنتجة متشابهة الى حد كبير.

4. القطع المسبوكة بطريقة متكاملة تكون أكثر جساءة (Stifness) من الأجزاء المجمعة.
5. بعض المعادن لابد من صبها إذ لا يمكن تحويلها إلى الأشكال المطلوبة الا بوساطة التشكيل على الساخن، ولا على البارد، وذلك لعدم ملائمة صفاتها للتشكيل الميكانيكي، ومثال ذلك أنواع حديد الزهر التي تستعمل بكثرة لقلة تكاليفها.
6. يمكن صب الأجزاء المعدنية الثقيلة ذات الأحجام الكبيرة التي يصعب إنتاجها بطرق أخرى كأجسام المضخات الكبيرة والصمامات والأجزاء المستعملة في المحطات الهيدروكهربائية والتي يصل وزنها إلى (200) طن.
7. بعض المصبوبات المعدنية لها خواص ميكانيكية متميزة للأسباب الأتية:

أ) أن هذه المصبوبات لها القدرة على امتصاص الاهتزازات.

ب) توفر المتانة و قلة الوزن في بعض المعادن الخفيفة التي لا يمكن تشكيلها إلا بالصب.

ج) للمصبوبات خواص جيدة من حيث قابليتها لتحمل الإجهادات .

السباكة

هي عملية تشكيل المعادن المنصهرة باستعمال خاصية السيولة (Flowability) .

المسبوك

هو المنتج الناتج من عملية صب المعدن المنصهر في قوالب (Moulds) أو فراغات تعمل حسب الشكل المطلوب.

3-3 المسبك

هو مصنع ينَتج المسبوكات المعدنية التي تُنتج من الحديد أو من غير الحديد حيث يتم تحويل المعادن عن طريق صهرها و صبها في قوالب وحالما يبرد السائل يكون قد تشكل على شكل القالب المصبوب فيه وتسمّى المصبوبات ، ويسمى المسبك أحيانا بالمصهر . تقوم المسابك التي تنتج مصبوبات ثقيلة، بعمل سبائكها في حفرٍ كبيرة في أرضية المسبك. وتسهّل الرافعات عملية رفع وحمل المصبوبات الثقيلة من مكان إلى آخر. في معامل السباكة الإنتاجية تقوم الآلات بعملية المقالبة وعملية الصهر والصب وتنظيف المصبوبات كذلك معدات المناولة ، معدات رفع البوادق ونقل المعدن المصهور والرفع والتحريك أثناء المقالبة جميعها تتم بوسائط ألية ، هناك مسابك تستعين بالوسائط الأوتوماتيكية (الروبوت) في عمليات المقالبة

وفي الأعمال التي يصعب وصول العاملين إليها وخاصة العمليات الصناعية الخطرة مثل تلك التي يتم فيها التعامل مع المصبوبات الساخنة، وكذلك إدخال قطع الشغل إلى الآلات الخطرة، وتكون وظيفة الإنسان في هذه العمليات التشغيل والبقاء في أمان على بعد مسافة كافية كما موضح في الشكل (3-2). معامل السباكة الإنتاجية الحديثة تستعين بالطرق المتقدمة بالسباكة مثل ماكنات السباكة المعانة بالحاسوب في عملية الإنتاج (ماكينات CNC).

الشكل (3- 2) الوسائط الأوتوماتيكية (الروبوت) في عمليات المناولة

شروط عامة للمسبك

من الصعب بمكان تحديد قواعد أو قوانين خاصة لتصميم أو تنظيم أو أنشاء مسبك نموذجي ليلائم جميع المتطلبات . أن اختلاف الشروط بالنسبة للكمية والنوع والتكاليف وطبيعة العمل التي تختلف من مسبك لأخر ، كل هذا يحدد الطرق المتبعة مع كل مسبك تبعا للظروف ، فمثلاً المعدات التي تعطي نتائج جيدة في مسبك ما قد تسبب الفشل في مسبك أخر ، فقلما يوجد مسبك يتشابه مع مسبك أخر.

موقع المسبك

يفُضل أنشاء المسبك في مناطق صناعية حيث تتوفر المواصلات المختلفة ، كما يجب ان يحتوي على مبنى أو أكثر ومخازن وأرض خالية لأغراض التوسع وقريب على المواد الأولية.

مبنى المسبك

تُبنى المسابك الحديثة من هيكل من الصلب وتجهز بمنظومة من التدفئة والتبريد والإنارة وتجديد الهواء وبناء دورات المياه وحجرات الغسيل وباقي المرافق العامة كما يُجهز بوسائط النقل الداخلية. كما تحتوي المسابك الكبيرة على ورش للخراطة والنجارة والحدادة.

أقسام المسبك

تتوقف المعدات والعمليات اللازمة للمسبك على طبيعة انتاجه وتخصصه مثل مسبك الصلب ، الزهر، الأشغال الخفيفة ،الأشغال الثقيلة أو كونه مسبك خاص أم عام . وفيما ياتي استعراض لإقسام المسبك .

1. قسم صناعة النماذج:

تُصمم وتُحضر النماذج في قسم صناعة النماذج، وذلك تبعاً لرسومات النموذج الموضوعة في قسم التصاميم ، وتبعاً لطريقة القولبة المستعملة. يعتمد اختيار مادة النموذج على عدد المسبوكات المطلوب إنتاجها، وعلى إمكانية إعادة الإنتاج، والإنهاء السطحي المرغوب للمسبوكة. يفضل اختيار مادة النموذج من الخشب، البلاستك ، الجبس أو الإسمنت في حالة أنتاج كميات قليلة ولمدة قصيرة و الشكل(3-3) يوضح صناعة نموذج خشبي في قسم صناعة النموذج أما في الإنتاج الأوسع فتفضل النماذج المعدنية . كما يُصنع في قسم صناعة النماذج صناديق الألباب وكل الأدوات المساعدة الأخرى .

الشكل(3-3) قسم صناعة النموذج

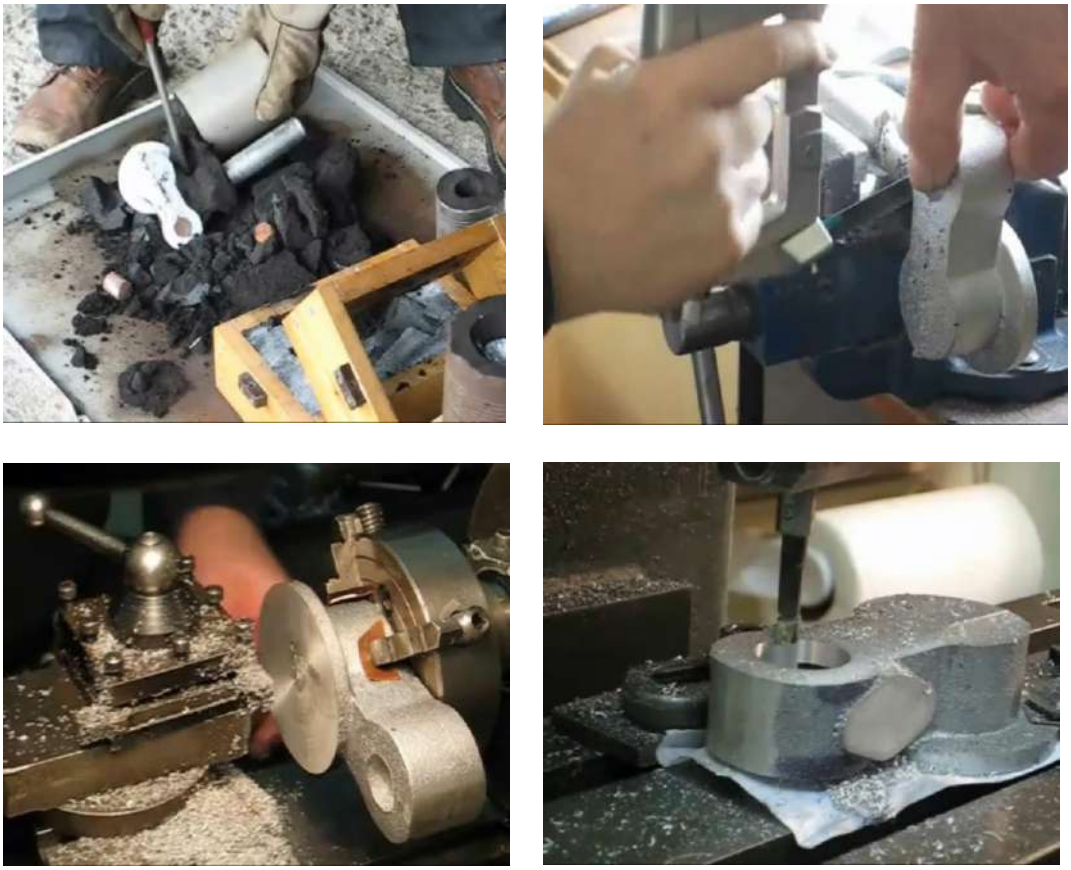
2. قسم الصهر و الصب:

يتم في هذا القسم إعداد المعدن وذلك بالاختيار الأمثل لشحنة فرن الصهر من المواد الأولية «الخردة» scrap ومن مساعدات الصهر flux، وتصهر شحنة المعدن في الفرن المناسب ثم يُنقل المعدن المنصهر بالبوادق إلى مكان القوالب ويصب فيها ويترك حتى يتجمد ويبرد, وكما مبين في الشكل (3-4).

الشكل (3-4) قسم الصهر والصب

3. قسم تنظيف المسبوكات:

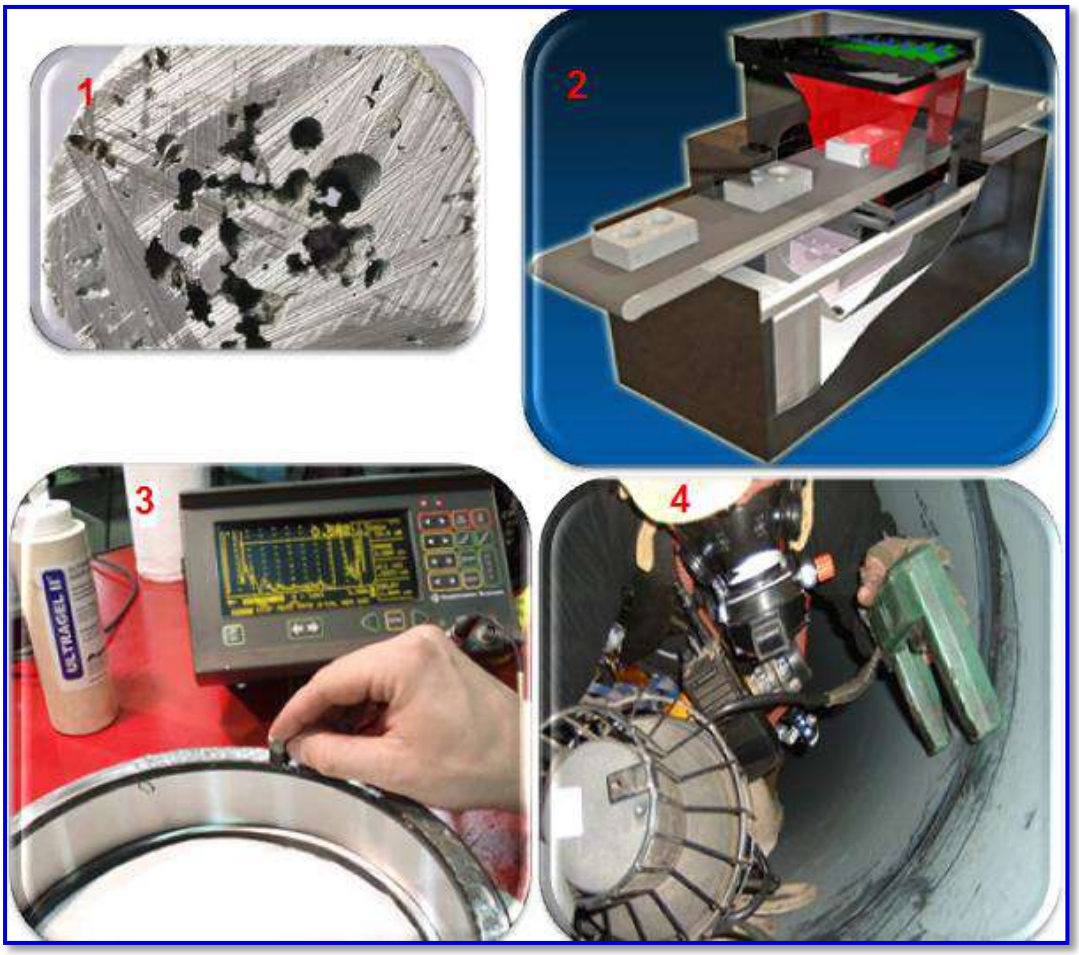
أن عملية تنظيف المسبوكات تتضمن إزالة الرمال الملتصقة بالمسبوكات والمصبات والزعانف الرقيقة والمصاعد والمغذيات حيث تستعمل المطارق والأجنات لكسرها وأحياناً تستعمل شعلة الأوكسي أسيتيلين لفصل المصبات أو باستعمال المناشير يزال الرايش من أسطح المسبوكات أما باستعمال الأجنات أو باستعمال حجر التجليخ وفي حالة المسبوكات الصغيرة فإن عملية التنظيف تجري بوساطة فرش من السلك. أما المسبوكات الأخرى فتتم عملية تنظيفها باستعمال تيار من مادة تقوم بعملية حك وإزالة الرمال والأوساخ والقشور العالقة بالمسبوك، باستعمال مادة من الرمل الخشن أو كرات من الصلب حيث تُغذى للعمل عن طريق فتحة تندفع منها بسرعة عالية بتأثير الهواء المضغوط. ويستعمل البرميل الدوار لتنظيف وتنعيم وصقل المسبوكات، وكما مبين في الشكل (3-5).



الشكل(3-5) قسم التنظيف

4. قسم الفحص :

تُنقل المسبوكات إلى أماكن اختبارها بعد تنظيفها قبل تسويقها حيث تُفحص وتختبر جودتها للتأكد من خلوها من العيوب وتحقيقها للمواصفات المطلوبة، الشكل(3-6) صور توضح طرق فحص المسبوكات (الفحص باستعمال الطرقة الضوئية، الفحص باستعمال الموجات فوق الصوتية ، الفحص باستعمال الجسيمات المغناطيسية).



الشكل(3-6) 1- نموذج عيوب في المسبوكة 2- الطرقة الضوئية بالفحص 3- الفحص باستعمال الموجات فوق الصوتية 4- الفحص باستعمال الجسيمات المغناطيسية.

أساليب أنتاج المسبوكات :

تستعمل في عمليات تصنيع وانتاج المسبوكات أساليب مختلفة، فقد يكون الاسلوب الحرفي اليدوي هو المستعمل في الانتاج عندما يكون عدد المسبوكات قليلا وعند عدم توفر أساليب الانتاج الاخرى. أما الاسلوب الثاني فهو الاسلوب الميكانيكي الذي تَحل فيه المكائن محل العمل اليدوي في مراحل الانتاج المختلفة . ومع تطور عمليات التصنيع عموماً وعمليات السباكة بشكل خاص وعند الحاجة الى الانتاج الواسع للمسبوكات فقد دخلت الأتمتة في مجال السباكة وظهور الاسلوب الأوتوماتيكي في عمليات الصهر والسبك وفيما يأتي أهم الأساليب المستعملة في سباكة المعادن :

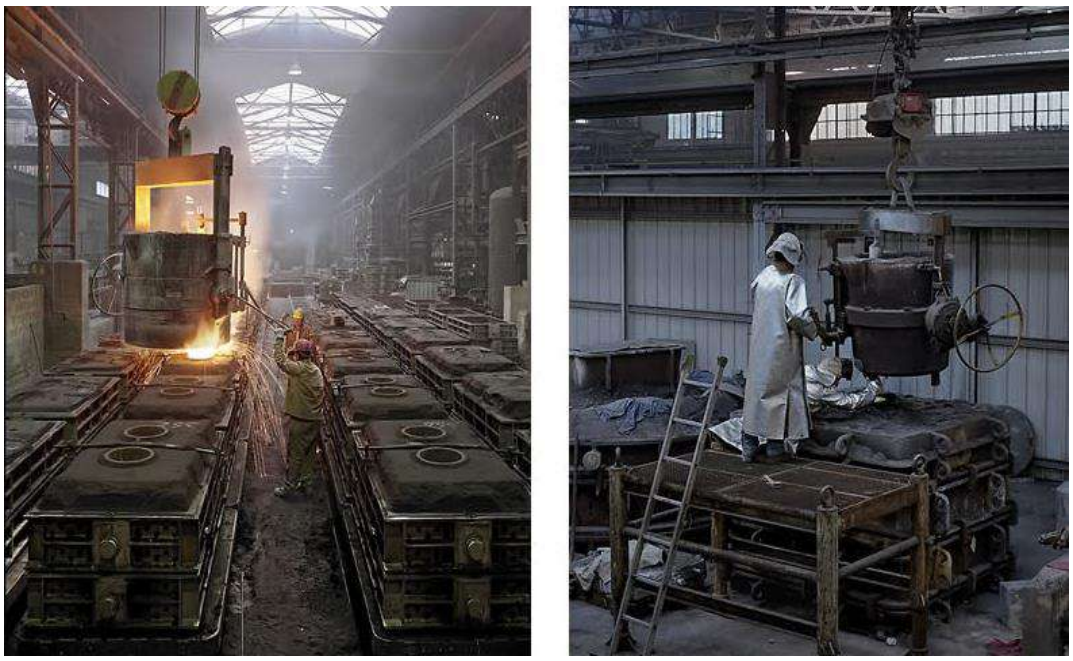
1-الأسلوب اليدوي أو الحرفي :

لقد كان هذا الأسلوب سائداً منذ نشوء عمليات السباكة حين لم تكن المكائن قد دخلت في ميادين الإنتاج ويعتمد هذا الاسلوب على تهيئة مستلزمات السباكة من نماذج وصناديق لباب وقوالب وتحضيرها لصب المعدن بعد صهره في أفران الصهر المتوفرة في المسبك، ويستعمل العمل اليدوي في المقالبة والصب وفي اخراج وتنظيف المسبوكات والشكل (3-7) يوضح جانباً من الأسلوب اليدوي. وهذه الطريقة ملائمة في حالة إنتاج مسبوكات كبيرة الحجم أو مسبوكات متوسطة أو صغيرة الحجم وقليلة العدد .

الشكل (3-7) الأسلوب اليدوي في السباكة

2- الأسلوب الميكانيكي (القولبة الميكانيكية) :

لقد ظهرت الحاجة الى استعمال المكننة بعد توفر المكائن المتخصصة في مجالات السباكة لتحل محل العمل اليدوي الشاق ولتحقيق طفرة نوعية في المجال النوعي والكمي لإنتاج المسبوكات. حيث تم استعمال مكائن سريعة لتحضير مزيج رمال السباكة كما استعملت المكائن في إنتاج القوالب واللباب بإنتاجية عالية ، واستعملت أيضا وسائل مناقلة سريعة و سهلة في عمليات إنتاج المسبوكات مثل الأحزمة المطاطية لنقل الرمال والأحزمة المعدنية لنقل المسبوكات وقطع الزوائد . والشكل (3-8) يوضح أسلوب القولبة الميكانيكية.



الشكل(3-8) الأسلوب الميكانيكي – القولبة الميكانيكية

3- الأسلوب الأوتوماتيكي (القولبة الأوتوماتيكية) :

إن هذا الأسلوب هو المستعمل في الإنتاج الواسع للمسبوكات حيث يكون الإعتماد على المكائن الأوتوماتيكية في المقالبة والصب كما يستعمل الانسان الآلي في بعض مفاصل عمليات الإنتاج، وبهذه الطريقة تُثبت النماذج الخاصة على مكائن المقالبة الأوتوماتيكية لصنع القوالب وتوضع اللباب في مواضعها في القوالب بوساطة ذراع آلي وتجمع القوالب أوتوماتيكياً لتكون جاهزة لصب المعدن فيها وإنتاج المسبوكات وتقل الحاجة في هذا الأسلوب بشكل كبير إلى العمال حيث تُنجز العمليات تلقائياً كما في الشكل (3-9).

الشكل (3-9) الأسلوب الأوتوماتيكي – القولبة الأوتوماتيكية

3 - 4 طرق السباكة

تُقسم الطرق المعتمدة في سباكة المعادن والسبائك إلى ما يأتي:

1. **السباكة في القوالب الرملية.**
2. **السباكة في القوالب المعدنية.**
3. **طرق أخرى في السباكة مثل (السباكة بالضغط، السباكة بالطرد المركزي، السباكة بالشمع المفقود، السباكة بطريقة القالب القشري).**

3 - 5 السباكة في القوالب الرملية

تُعد السباكة في القوالب الرملية أكثر الأساليب المستعملة في المسابك العادية الشكل (3-10) يوضح عمل قالب رملي في ورشة السباكة، وتشمل العملية الإنتاجية عدداً من الإجراءات تتم في ورش أو أقسام متخصصة في السباكة ، عملية السباكة في الرمل تبدأ بتصنيع معدات إعداد القوالب والتي تشمل النماذج، ولوحات النماذج، وصناديق القلب، وصناديق القالب، وألواح تجفيف الرمل، ومعدات قياس لفحص دقة مقاسات القوالب ، وقلوب المسبوكات، ومن مثبتات وموجهات للتأكد من أن قلب المسبوك قد وضع في مكانه الصحيح. مجموعة النموذج والتي تشمل النموذج، ولوحة النموذج، وصندوق قلب المسبوك تحفظ جميعها في ورشة النماذج الخاصة بالمسبك. ومن المهم جداً في التسلسل التقني لهذه العملية هو إعداد مواد القالب لإعداد القوالب المستهلكة وشبه الدائمة، وهذه المواد تشمل الرمل، والمواد الرابطة ، والإضافات الخاصة. تحفظ المواد الحديدية لإعداد القوالب في مخازن خاصة بها. وكقاعدة فان جميع المواد التي تُنقل إلى المسبك من المخزن تُفحص للتأكد من جودتها وتُختبر في معمل المسابك للتأكد من أن خواصها حسب المواصفات. تورد مواد تشكيل القوالب إلى ورشة الرمل التي تجهز رمال قلب المسبوك والقوالب أو الخلطات المطلوبة حسب المواصفات ، ثم تنتقل الرمال إلى ورشة إعداد القوالب وورشة إعداد قلوب المسبوكات في المسبك . تُصنع قوالب الصب إما يدوياً أو آلياً , تصنيع القوالب يدوياً ملائم عند أنتاج كميات قليلة لفترات قصيرة. أما الإنتاج الآلي فيكون ملائماً للإنتاج الكمي والسريع من المسبوكات الشكل (3-11) يبين التسلسل التشغيلي لتتابع العمليات في إنتاج المسبوكات في القوالب الرملية.

2- دك صندوق المقالبة السفلي.

1- وضع نصف النموذج داخل الصندوق وتغطيته بالرمل

4- رش مادة الفصل ووضع المصب والنفس.

3- وضع صندوق المقالبة العلوي ونصف النموذج.

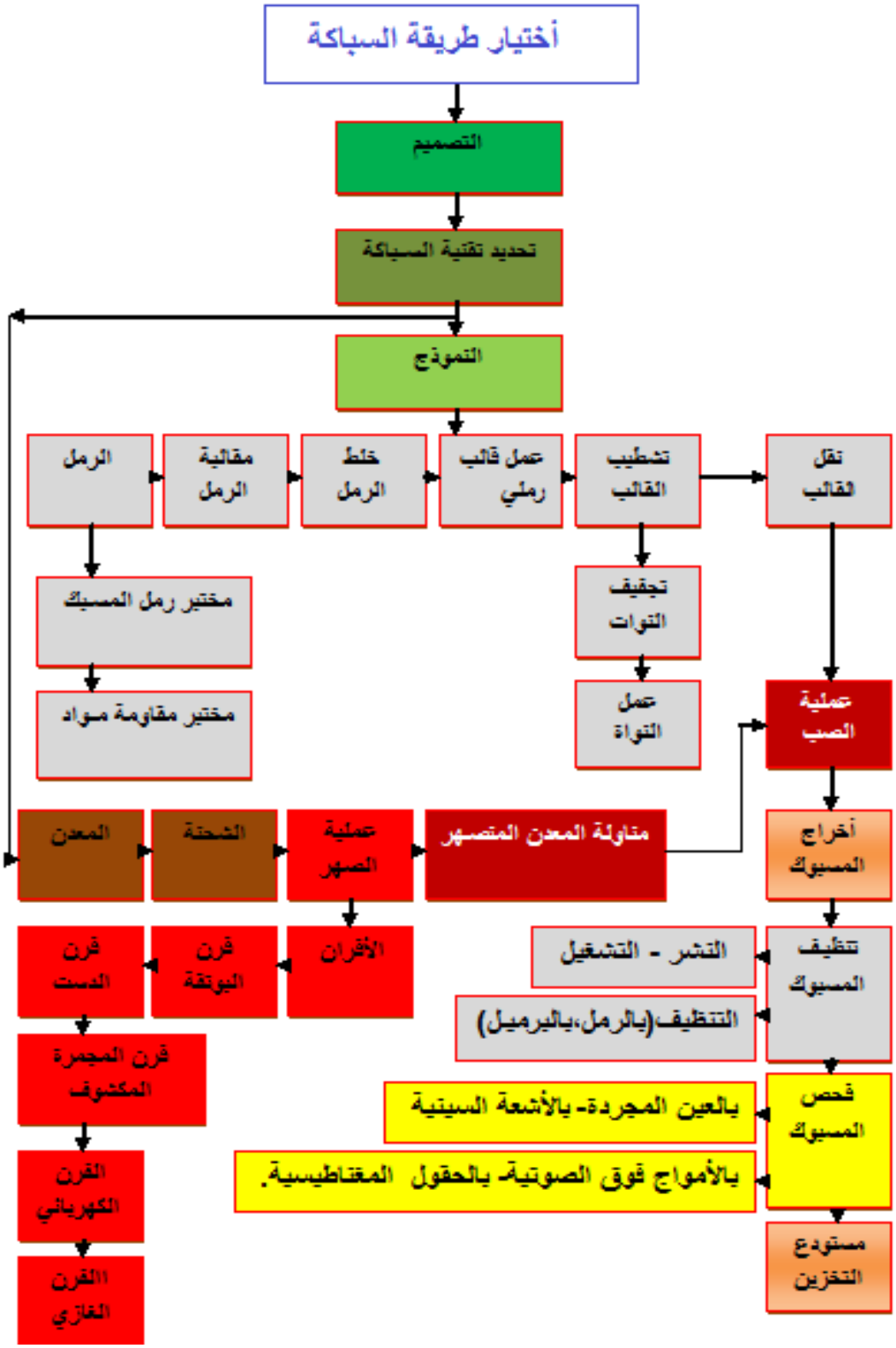
6- رفع المصب والنفس.

5- ملئ الصندوق العلوي بالرمل.

8- طبق تصفي المقالبة.

7- رفع تصفي النموذج.

الشكل(3-10)عمل قالب رملي في ورشة السباكة



الشكل (3-11) التسلسل التشغيلي لتتابع العمليات في إنتاج المسبوكات في القوالب الرملية

3 - 6 السباكة في القوالب الدائمة

سباكة القوالب الدائمية وتسمى أيضاً بالسباكة المعدنية أو السباكة بالضغط وتصنع مسبوكات هذه الطريقة بوساطة رفع المعدن المنصهر تحت ضغط معين وصبه في قالب خاص. تعتمد الكثير من المسابك في الوقت الحاضر طريقة السباكة بالضغط التي ُتعد من أسرع وأرخص الطرق في أنتاج أجزاء التركيبات الكهربائية وأجهزة الكومبيوتر وبعض أجزاء السيارات كما موضح في الشكل (3-12). إن المنتجات بهذه الطريقة تمتاز بمقاطعها الناعمة ودقتها حيث تصل دقة أبعاد المسبوكة من (0.1 mm – 0.01) وتستعمل هذه الطريقة للإنتاج الواسع وتستعمل حاليا في أنتاج المسبوكات اللاحديدية .

القالب (Die):

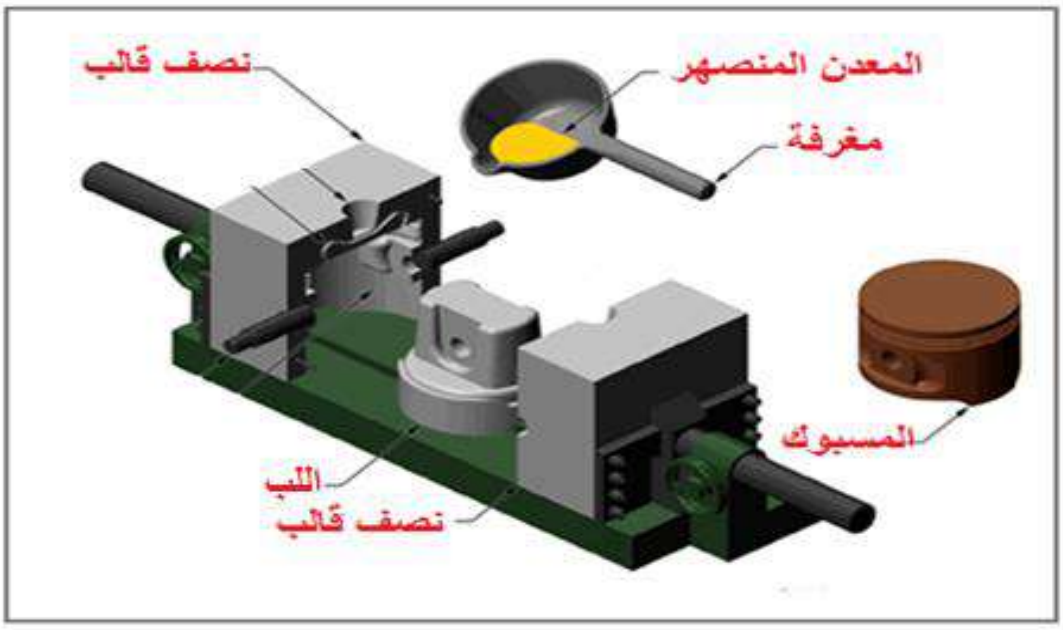
يتركب من جزئين ثابت ومتحرك يفصل بينهما سطح فاصل، يصنع من أنواع فولاذ العدد المصلد لأن بقية المواد لا تستطيع مقاومة الضغط وقبل دفع المعدن المنصهر في القالب يجب أحكام قفله وتأمينه، وبمجرد دفع المعدن واستقراره وتكوين المسبوك يفتح القالب وينزع المسبوك ثم يقفل القالب من جديد للعملية التالية.

مزايا السباكة في القوالب الدائمية ما يأتي :

1. الدقة العالية في المسبوكات مع سرعة عالية في الإنتاج .
2. أمكانية أنتاج مسبوكات رقيقة المقطع ومعقدة الشكل .
3. تحسن عالي جداً في الإنجاز السطحي للمسبوكات .
4. اختفاء العيوب بشكل كبير مقارنة بالعيوب الناتجة بطريقة السباكة الرملية.
5. مقاومة ومتانة المسبوكات عالية.
6. احتفاظ القوالب بدقتها وصلاحيتها للاستعمال لمدة طويلة.
7. الاستغناء عن العديد من الأعمال اليدوية.
8. انخفاض نسبة الفقد بالمعدن وسهولة أعادة صهر المخلفات.

أما عيوب السباكة في القوالب الدائمية تحت ضغط فكما يلي.

1. ارتفاع تكاليف صناعة القوالب وصيانتها.
2. محدودية السبائك الممكن سباكتها بهذه الطريقة حيث تقتصر في أغلب الأحيان على السبائك غير الحديدية .
3. احتمال وجود مسامية نظراً للسرعة الكبيرة التي يدخل بها المعدن تجويف القالب .



الشكل(3-12) يوضح مكبس محرك سيارة مصنوع بالقوالب الدائمية

ماكنات السباكة بالضغط

للحصول على أنتاج غزير وسريع واقتصادي لتلبية المتطلبات التي استحدثت من أجلها هذه الطريقة، تستعمل ماكنة يطلق عليها ماكنة السبك بالضغط أو ماكنة السبك في القالب تحت تأثير ضغط معين، بجانب تأدية الماكنة لعمليات الارتكاز والقفل والتأمين للقالب فأنها قد تحتوي على فرن يلحق بها حسب نوع الماكنة، حيث يصهر المعدن أو يحفظ في درجة حرارة الانصهار . كما ان هناك بعض الوسائل لدفع أو ضغط المعدن المصهور الى القالب ، ولأعداد الضغط لدفع المعدن يستعمل ضاغط هوائي أو مضخة ماء .

أنواع ماكنات السباكة بالضغط

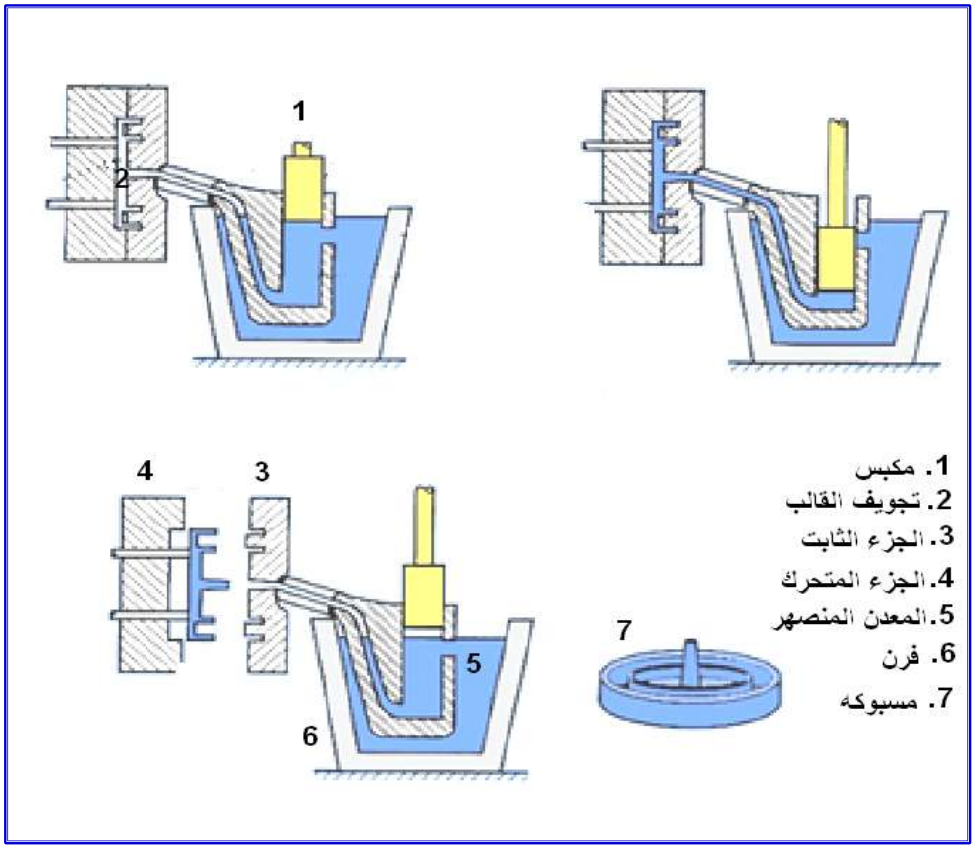
يوجد نوعان رئيسان لماكنات السباكة بالضغط هي :

1 - ماكنات السباكة بالضغط ذات الغرفة الساخنة

Hot Chamber Die Casting Machines

يستعمل هذا النوع من المكائن للحصول على المسبوكات من السبائك التي لا تزيد درجة انصهارها عن 450 م° وهي السبائك التي أساسها الزنك وكذلك في سباكة الرصاص . يصهر المعدن في الفرن وتبقى درجة حرارته ثابتة بتسخينه ويملأ المعدن فتحه تجويف الاسطوانة عند التغذية ويكون نصفا القالب المعدني مغلقين وباستعمال الضغط يتحرك المكبس (الحاقن)

الذي يدفع المعدن المنصهر بقوة ليملأ تجويف القالب المعدني وتتجمد المصبوبة ثم يفتح القالب المعدني أوتوماتيكياً ويتم اخراج المسبوكة , وكما موضح في الشكل (3-13) .

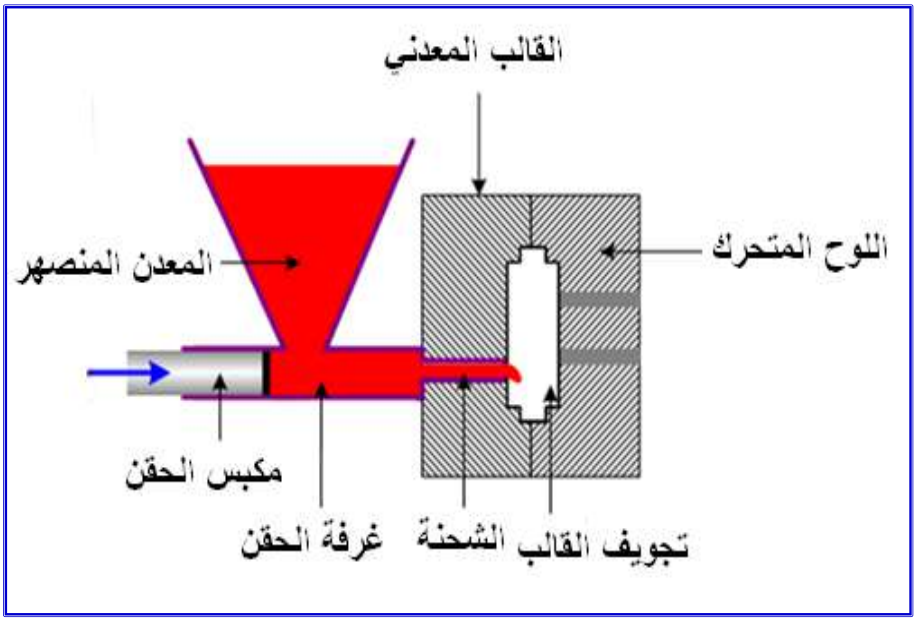


شكل (3-13) خطوات عمل ماكنة السباكة ذات الغرفة الساخنة

2 - ماكنات السباكة بالضغط ذات الغرفة الباردة

Cold Chamber Die Casting Machines

هذا النوع يستعمل أساساً لسبائك الألمنيوم والمغنسيوم والسبائك التي أساسها النحاس ويجب استعمال فرن الصهر منفصلاً عن الماكنة وغالباً ما يكون بجانبها (فرن بوادق مثلاً). والشكل (3-14) يوضح ماكنة تعمل بضغط الهواء الذي يدفع مكبساً موضوعاً خلال اسطوانة بها فتحة يصب فيها المعدن المنصهر بوساطة ملعقة ويتم الحقن فيدفع المعدن تحت تأثير ضغط عالي الى داخل فراغ نصفي القالب المعدني (المغلق) والذي يتم تبريده بالماء ثم يسحب المكبس الى الخلف ويفتح القالب المعدني و يتم إخراج المسبوكة.



الشكل (3-14) يوضح مبدء عمل واجزاء ماكنة السباكة بالضغط ذات الغرفة الباردة.

3 - 7 طرق أخرى في السباكة

أن نظرة عامة إلى بعض طرائق السباكة الحديثة قد تعطي فكرة عن مدى التطورات التقنية التي حصلت في مجال تكنولوجيا سباكة المعادن . وفيما يأتي بعض الأساليب الحديثة للسباكة و لكل منها مزاياه واستعمالاته :

أ) السباكة بالطرد المركزي.

هناك طرق عدة للسباكة بالطرد المركزي :

1- سباكة الطرد المركزي الحقيقي.

2- سباكة الطرد المركزي النصفية.

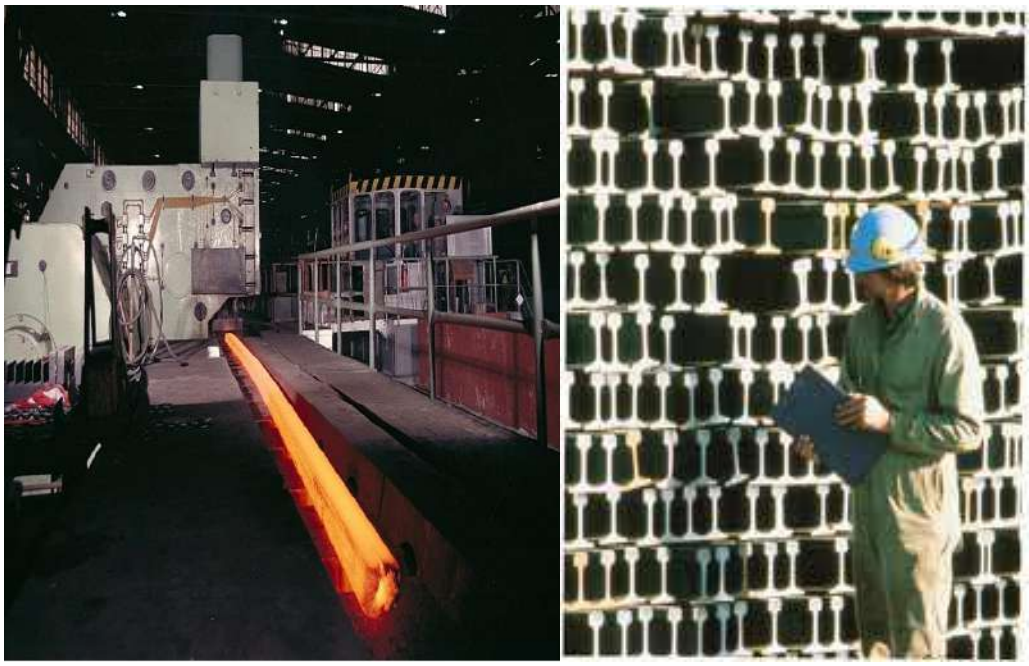
3- سباكة الطرد المركزي لوحدات متماثلة .

ب) السباكة بالشمع المفقود .

ج) السباكة بطريقة القالب القشري .

3 – 8 أنواع المصبوبات

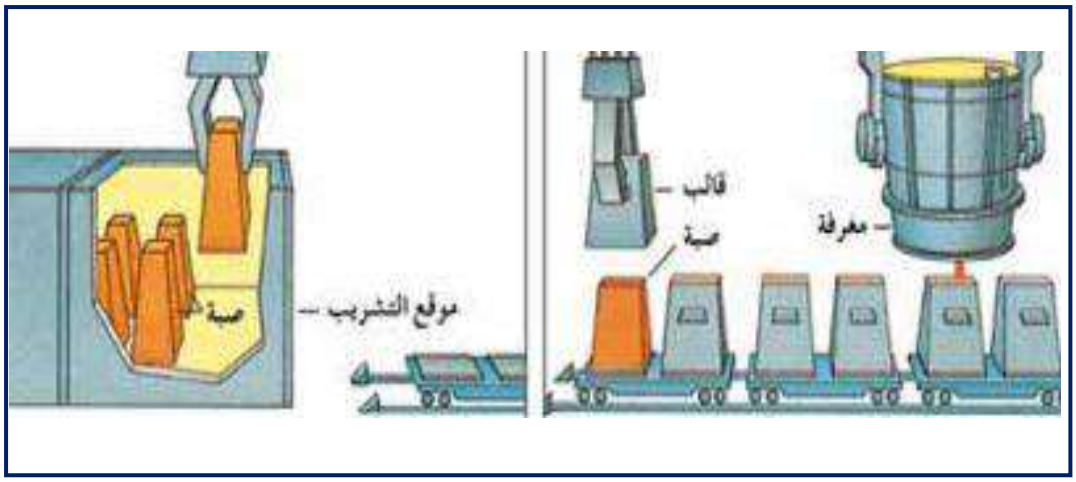
عندما يراد أنتاج المعدن فأنه يسبك أولاً على هيأة صبة ذات شكل وحجم يناسب أمكانيات المصنع المتوفر، يُسبك الصلب عادة على هيأة صبات ذات مقاطع عرضية مربعة والشكل (15-3) يبين ذلك ، في حين أن السبائك غير الحديدية تُسبك عادة على شكل الواح مسطحة للتشكيل بوساطة الدرفلة للحصول على أشرطة أو قضبان لغرض أنتاج الأسلاك أو على هيأة كتل أسطوانية لغرض أنتاج مقاطع بوساطة البثق.



الشكل (3-15) قضبان الصلب

3-8-1 سباكة صبات الصلب

يُصب المنصهر في بودقة (Ladle) تدعى بودقة الصب وهو عبارة عن وعاء كبير من الصلب مبطن بمادة حرارية مقاومة للحرارة ومجهز بدعامة على كل جانب لكي يسهل نقلها . ولمنع الخبث الذي يتجمع على سطح الصلب السائل من المرور الى قالب الصب ، يسكب المنصهر من أسفل البودقة كما في الشكل (3-16)، ويجب تسخين البودقة قبل تفريغ شحنة الصلب فيها ويتم هذا بوساطة شعلة غازية. ويمكن إزالة الأوكسجين من الصلب السائل في البودقة وذلك بإضافة أحد المواد التالية ، فيرو منغنيز، فيرو سيليكون أو المنيوم ، وبعد أضافة المادة المختزلة فأنه يجب ترك البودقة لفترة زمنية كافية حتى تتمكن الشوائب والخبث من أن تطفو على السطح قبل أن تفرغ البودقة في قوالب الصب.



الشكل (3-16) أنتاج صبات الصلب

قوالب الصب

تصنع قوالب الصب من حديد الزهر الذي يكون تركيبه الكيمياوي 93% حديد ، ومن 3% الي 4% كربون ؛ بالإضافة الي كميات أقل من عناصر أخرى (سيليكون، منغنيز، فوسفور، كبريت) وتتفاوت هذه القوالب في أشكالها وحجومها ، فمن ناحية المقطع العرضي هناك المربعة والمستطيلة والدائرية الحواف وهناك قوالب ذات ثمانية جوانب أو أثنا عشر جانباً أو دائرية متموجة أو مخددة . الغرض من عمل التموجات في جدران القوالب هي ما يأتي :

1- لتعجيل عملية تجمد الصلب وهذا يؤدي الى تكوين بلورات صغيرة الحجم .

2- للتقليل من تكون الشقوق على سطح المصبوبة والتي تظهر عادة بعد أول عملية درفلة .

ولتسهيل عملية نزع أو اخراج الصبة من القالب فأنه من الضروري أن يكون التجويف الداخلي للقالب مستدقاً بمقدار 20 ملم لكل متر من القطر، وبهذا فأن أحد طرفي الصبة يكون أكبر بقليل من الطرف الأخر. وبناء على ذلك تصنف قوالب الصبات الى نوعين أساسيين : النوع الأول يدعى الطرف الكبير من الأعلى والثاني الطرف الكبير من الأسفل ، يسميان كبير علوي وكبير سفلي على الترتيب . وأن القالب الكبير سفلياً هو الأقدم . وعند تهيئته للاستعمال فأنهُ يوضع على لوح سميك من حديد الزهر كقاعدة . وتتم عملية نزع الصبة من القالب برفع القالب حيث تبقى الصبة واقفة على لوح حديد الزهر.

السباكة بالدرفلة

يمكن سباكة صبات الصلب بالدرفلة على أشكال عدة منها الدائري والمربع والمستطيل على شكل كتل من صلب (slabs) ذات مقطع مساحته($0.1\ m^2$)الشكل (3-17) يمثل سباكة الصلب بالدرفلة وتستعمل هذه الطريقة في صناعة أشرطة من الصلب يتراوح سمكها بين (25-2.0 mm)فبعد أن يبرد المعدن الى مقدار كاف في القالب بالماء فإن قشرة صلبة من المعدن ستتجمد على الجزء الخارجي ، وبعد ذلك فأنها ستمر بين ضاغطتين (حادلتين) المسافة بين مركزيهما أكبر من المقطع العرضي .أن نسبة التناقص في المقطع العرضي تساوي(1:2)ويمكن وضع مجموعة من الضواغط تحت القالب للتحكم في سمك الشريط .

الشكل (3-17) مبدأ السباكة المستمر للصلب

عيوب صبات الصلب

تنقسم العيوب الموجودة في صبات الصلب الى قسمين:

أ- عيوب داخل الصبة.

ب- عيوب خارجية تظهر على سطح الصبة أو قريبة من السطح.

وفيما يأتي أهم هذه العيوب :

1- الفجوة المخروطية : ان سبب تكون هذه الفجوة يعود الى التقلص الذي يحدث أثناء عملية التجمد وكذلك الى تصاعد الغازات .

2- الفجوة الغازية : هذه الفجوات ناتجة عن تجمع الغازات الخاملة وتظهر بعيداً عن السطح أما أذا كانت الفجوات الغازية قريبة من السطح والتي قد تسبب مشاكل خطيرة فيمكن أن تنفجر أثناء الدرفلة وتتأكسد سطوحها الداخلية بسرعة ومن ثم فأنها لا تلتحم . أن عدد الفجوات الغازية في أي صبة من الصلب يكون دالة لدرجة الاختزال المستعملة قبل الصب.

3- تباين الصبة : ويعني هذا زيادة حجم أو أحجام البلورات كلما ابتعدنا عن السطح الخارجي للصبة واقتربنا من المركز . فكلما كان معدل التبريد منخفضاً أثناء التجمد كلما كانت أحجام البلورات الناتجة كبيرة وكان التركيب الناتج ضعيفاً . وأن هذا النوع من الصبات يجب أن يعامل بعناية أثناء التمريرات الأولى في ماكينة الدرفلة . ويجب أن يكون مقدار التناقص في المقطع قليلا وألا فإن بعض التمزقات ستظهر على سطح الصبة . ويمكن التخلص من هذا العيب بالدرفلة على الساخن حتى يحدث أعادة تبلور للبلورات.

4- انعزال الشوائب : نسبة لأنواع صبات الصلب المختلفة فإن الصلب هو أقلها عدداً في الشوائب ويتبعه الصلب نصف المختزل . فأثناء عملية التجمد تحمل الغازات المتصاعدة معها الشوائب ومن ثم فإن المناطق القريبة للفجوة المخروطية ستكون غنية بهذه الشوائب .

5- الأكاسيد غير المعدنية : تتكون هذه الأكاسيد من نواتج عملية الاختزال ، وغالباً ما تكون متكونة من ثاني أوكسيد الألمنيوم AL_2O_3 أو ثاني أوكسيد السيليكون SiO_2 . وبما أن هذه الأكاسيد لا تذوب في الصلب السائل فأنها ستطفو على السطح حالما تتكون ، ولكن بما أن عملية الاختزال هذه تجري في مرحلة متأخرة من صناعة الصلب فإن هذه الأكاسيد لا تمتك الوقت الكاف حتى تصعد الى السطح ، ولهذا فأنها ستبقى في الصبة. ويمكن تقليل عدد الأكاسيد هذه باختزال الصلب السائل في مرحلة مبكرة قبل صبهُ في البودقة حتى تتمكن الأكاسيد من الطفو على السطح . أن حبيبات الخبث يمكن أن تسبب أيضاً بعض المشاكل وكذلك قطع الطابوق المنفصلة من الفرن والبودقة .

6- العيوب السطحية في منتوجات الصلب النهائية : أن سبب تكون هذه العيوب هو أما الفجوات الغازية القريبة من السطح أو الشقوق التي تظهر على سطح الصبة:

1- المداولة الخشنة للصبة الساخنة في المراحل الأولى لعملية الدرفلة.

2- الأفراط في التسخين في الصبة أثناء تسخينها وأعدادها للدرفلة.

3- ان يكون سطح القالب خشناً ومن ثم فإنه يمنع التقلص المنتظم للصبة.

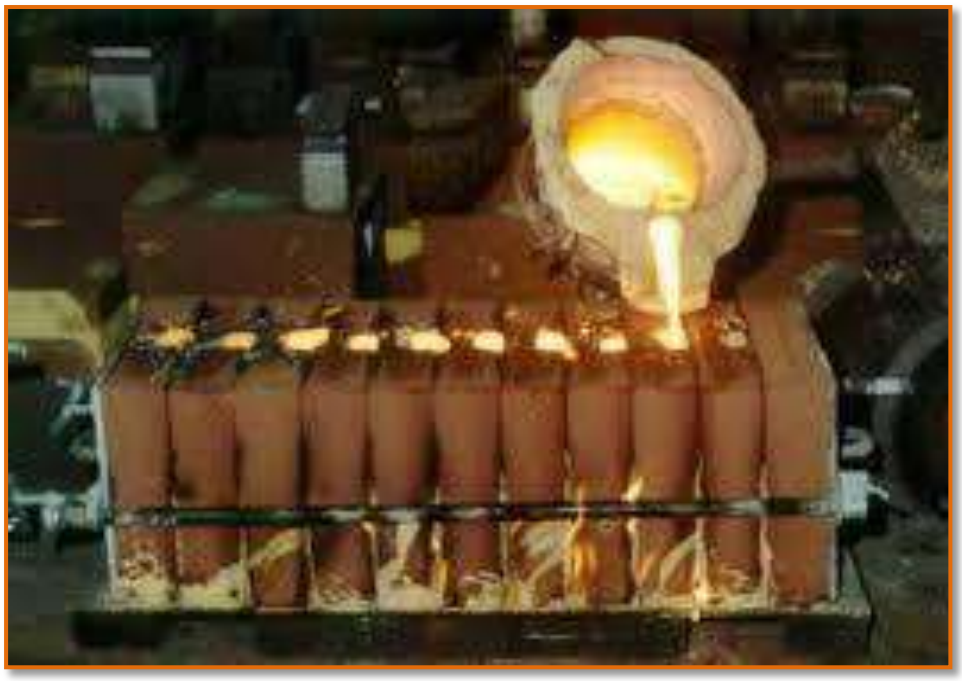
أن معظم هذه الشقوق تتوسع وتتفتح أثناء الدرفلة مكونة ما يشبه العروق كذلك الفجوات الغازية المتأكسدة ستستطيل أثناء الدرفلة مكونة شقوقاً أو ندبات أو قصبات .

سباكة المعادن غير الحديدية:

أن صبات المعادن غير الحديدية تختلف في شكلها عن صبات الفولاذ فهي تتراوح بين ألواح مسطحة ذات ابعاد(40mm ×0.5 m× 1m)الى قضبان ذات اطوال(2.5 m)ومربعة المقطع (50×50mm) . فالألواح المسطحة تستعمل لإنتاج الصفائح بينما تستعمل القضبان لإنتاج الاسلاك . من هذا نرى ان المعادن غير الحديدية تُسبك في قوالب تُنتج لنا تقريباً صبات ذات ابعاد مقاربة في الابعاد والشكل . إن بعض المعادن والسبائك غير الحديدية تُسبك في قوالب مفتوحة لتنتج لنا الواحاً سميكة لتستعمل في انتاج الصفائح . إن هذا النوع من القوالب مناسب جدا للمعادن النقية والسبائك التي تتجمد في مدى ضيق من درجات الحرارة ، لان هذا النوع من السبائك يكون فجوات مخروطية كبيرة فيما لو صُب في قوالب رأسية، إضافة الى ان القوالب المفتوحة تكون أرخص وأسهل للتشغيل من غيرها.

سباكة النحاس الأصفر (البراص)

هو سبيكة من النحاس cu والزنك zn وتتراوح نسبة النحاس فيه 60% إلى 90% أما نسبة الزنك فتتراوح من 10% إلى 40% ويستعمل في صناعة الوصلات الكهربائية والألواح والشرائط وفي الصناعات العامة والكيمياوية . يسبك البراص في أي من أنواع القوالب السابقة. اما بالنسبة للألواح السميكة والتي ستشكل بالدرفلة على الساخن فإنها غالبا ما تصنع في القوالب المفتوحة ، ولكن أكبر كمية من الألواح السميكة تُسبك في قوالب حديد الزهر الرأسية . وفي هذه الحالة تتراوح أبعاد تجويف الصبة بين (60 mm الى 500 عرضاً) و (25 mm الى 50) و (0.6 mm الى 2 طولاً) ، وتسبك الألواح السميكة من الأحجام الكبيرة وبسمك حتى 75mm في قوالب من النحاس المبردة وتشبه شكل الكتاب الشكل (3-18)، أما الكتل الاسطوانية الصغيرة لغرض التشكيل بالبثق فإنها تسبك في كلا النوعين (حديد زهر ونحاس مبرد) ، ذات أقطار تتراوح بين(75 mm -200) وأطوال تتراوح بين (0.6 mm -2.5).



الشكل (3-18) سباكة البراص

سبائك الألمنيوم

إن صبات سبائك الألمنيوم تكون ذات أشكال مربعة أو دائرية لغرض الدرفلة والبثق على الترتيب ، وكما هو الحال في برونز الألمنيوم فان طبقة الأوكسيد على سطح السائل تسبب مشاكل عدة ويجب الحذر من عدم إحداث اضطرابات (خبط) أثناء السكب . إن الطريقة القديمة المستعملة هي القالب المائل ، والقالب المستعمل في هذه الحالة مصنوع من حديد الزهر على شكل كتاب. يصب السائل عندما يكون القالب في الوضع الافقي وينتهي عندما يأخذ القالب الوضع الرأسي حتى لا يحدث خبط اثناء الصب.

أسئلة الفصل الثالث

س1 : أشرح الأهمية الاقتصادية والصناعية للسباكة؟

س2 : تمتاز عملية السباكة عن باقي عمليات التشكيل الأخرى بمميزات عددها؟

س3 : عدد أقسام المسبك؟

س4: عدد طرائق فحص المسبوكات ؟

س5 : عرف ما يأتي : 1- السباكة . 2- المسبك . 3-السيولة (قابلية الصب) .

4- خاصية النفاذية.

س6 : عدد عناصر عملية السباكة الرملية ؟

س7: ماذا نعني بطريقة السباكة في القوالب الرملية؟

س8 : عدد العوامل التي تحدد اختيار فرن الصهر في عملية صهر المعادن؟

س9:ما أنواع الأفران المستعملة في عملية صهر المعادن؟

س10: أكتب باختصار عن السباكة في القوالب الدائمية (القوالب المعدنية) ؟

س11 : صف ماكنات السباكة بالضغط ذات الغرف الساخنة؟

س12: ماذا نعني بسباكة صبات الصلب؟

س13: أذكر مزايا وعيوب السباكة في القوالب الدائمية تحت ضغط؟

س14: ما المقصود بما يلي:-

1. **خاصية التماسك والأحتفاظ بالشكل للرمل.**
2. **قابلية المعدن للتشغيل.**
3. **الفجوة الغازية في المصبوبات.**

الفصل الرابع

أدوات القياس ومعدات السباكة

Measuring Tools and Equipment of Casting

اهداف الفصل :

بعد الانتهاء من دراسة الفصل يكون الطالب قادراً على أن :

1- يتعرف على أجهزة قياس درجة حرارة المعدن المنصهر.

2- يتعرف على عُدد ومكائن ومعدات السباكة الموجودة في المسابك الإنتاجية.

3- يتعرف على استعمالات الروبوت في أعمال السباكة.

4- يتعرف على ماكينات ومعدات المناولة المستعملة في طريقة السباكة بالضغط.

5- يتعرف على ماكينة السباكة التدويمية (الطرد المركزي).

6- يتعرف على معدات السباكة بالشمع المفقود.

7- يتعرف على عُدد ومعدات المقالبة الرملية في ورش السباكة.

8- يعرف طرائق قراءة تدريجات أجهزة القياس .

9- يستوعب مفاهيم الحرارة ووسائل قياسها.

10- يستوعب مفاهيم القياس والمعايرة .

11- يُميز بين أنظمة القياس .

12- يُميز بين أنواع أجهزة القياس ومقدار مناسبتها للمسبوكة .

13- يُقدر أهمية دقة القياس .

14- يستعمل مُعدات رفع البوادق ونقل المعدن المصهور.

15- يستعمل العدد والأدوات ومُعدات المناولة الموجودة في ورشة السباكة.

4 - 1 تمهيد

إن اختيار التقنية المناسبة التي تضمن أداءً فنياً واقتصادياً ملائماً في جميع مراحل الإنتاج وتحقيق المواصفات اللازمة للمسبوك من الاعتبارات الأساسية في أعمال السباكة. عند اختيار عملية إنتاجية بعينها يجب أن نضع في الاعتبار دقة القياسات وتحديد الأدوات والأجهزة المناسبة التي تحقق ذلك، وهذا ينطبق على تحديد مكائن ومعدات السباكة ومعدات المناولة بالإضافة إلى أجهزة التنظيف والتشغيل سواء كان ذلك في ورش السباكة الصغيرة أو معامل السباكة الإنتاجية التي تتبع تقنيات متقدمة في السباكة. ان التعامل مع أدوات ومعدات السباكة أثناء العمل يحتاج الى توخي الحذر وذلك للمخاطر الكبيرة التي يتعرض لها العاملون بسب أخطاء مناولة المواد على اختلافها . لقد استعمل الإنسان القياسات منذ فجر التاريخ كوسيلة عملية للتعرف على الظواهر الطبيعية المحيطة به ولتحديد أشياء يستعملها بحياته اليومية . وقد أخذ القياس دوراً مهماً جداً في جميع مجالات الحياة البشرية القديمة والحديثة. إن التطور الصناعي والتكنولوجي والاقتصادي الذي نعيشه في العصر الحديث هو نتاج الاستعمال الصحيح لمبادئ القياسات وللتطور الذي أحدثته التقنية الحديثة في طرق التصنيع وخصوصاً سباكة المعادن ووسائل الإنتاج التي تتطور بقفزات واسعة.

4 - 2 أدوات القياس

تتطلب عمليات السباكة (مقالبة ، صناعة النماذج ، صناعة صناديق القالب ، صناعة صناديق الالباب ، تشغيل المسبوكات) توفر العديد من أدوات القياس ذات الدقة العالية في القياسات الخارجية والداخلية وفي قياس الأعماق والزوايا ، الى جانب أدوات القياس البسيطة لقياس الأبعاد الخطية.

علم القياس (المترولوجيا) : عرف علم القياس بأنه " علم إجراء عملية القياس مع تحديد نسبة الخطأ المترتبة على عملية القياس" .

من هذا التعريف نلاحظ أن لعلم القياسات ثلاثة عناصر أساسية :

1. عملية القياس
2. نظام وحدات القياس الدولي (SI) International System of Units
3. مرجعية عملية القياس

المصطلحات الأساسية للقياس

1. القياس (Measurement) : هو تحديد كمية فيزيائية مثل الطول ، الزمن ، الكتلة ، درجة الحرارة ، شدة التيار، الزاوية باستعمال جهاز قياس .

2. عملية القياس (Measurement Process): عملية مقارنة بين البعد المراد قياسه ووحدة قياس معلومة مجسدة في جهاز قياس .

3. المعايرة (Calibration) : هو التحقق من وقوع المقدار الكمي لصفة ضمن الحدين المفروضين أو تجاوزه لأحد هذين الحدين .

4. الاختبار (Testing) : هو تحديد ما إذا كانت المسبوكة تفي بالشروط السابق وضعها على سبيل المثال من حيث الطول ، الزاوية ، درجة حرارة التشغيل .

5. المقارنة (Comparison) : هي عملية مقارنة الجزء المطلوب اختباره مع محدد (قدمة قياس) حسب الشكل وأبعاد المسبوكة وتستعمل مساطر خاصة بذلك .

6. الدقة (Accuracy) : هي أن تكون القيمة المقاسة والقيمة الحقيقية للبعد متطابقة .

7. أجهزة القياس (Measurement Equipment) : هي المعدات التي تستعمل للمعاينة المباشرة أو غير المباشرة بين الكمية المقاسة ووحدة القياس .

8. أجهزة المعايرة (Calibration Equipment): أدوات ومعدات قياس عالية الدقة ، تعاير عليها أجهزة القياس للوقوف على مدى دقتها والقيام بضبطها .

1-2-4 نظم وحدات القياس (Systems of Units)

هناك أنظمة عدة لوحدات القياس على الصعيد الدولي فالنظام المتري يستعمل في فرنسا أما في إنكلترا فكان يستعمل النظام الإنجليزي بأشكال مختلفة (ووحداته الانج لقياس الطول والباوند لقياس الوزن) . بعد انتهاء الحرب العالمية الثانية أتجه العالم إلى ايجاد نظام موحد لوحدات القياس يكون مقبولا من جميع الدول . ومع أنتشار النظام المتري وتغلبه على صعوبات النظام البريطاني فقد استعمل النظام المتري في معظم دول العالم، وتم الاتفاق دولياً من خلال الهيئة الدولية للتوحيد القياسي المعروفة بـ (ISO)

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION

وهي احدى المنظمات التابعة للنظام العالمي للوحدات المعروف بـ (SI)

INTERNATIONAL SYSTEM OF UNITS

على اعتبار ان المتر القياسي هو أساس قياس الأطوال وهو الوحدة الأساسية لقياس الطول والنظام المتري وهو النظام الدولي لوحدات القياس . لكل وحدة من الوحدات الأساسية معيار دولي معرف بدقة متناهية و محفوظ من طرف المنظمة العالمية للمقاييس (ISO) ، يعتمد هذا المعيار الدولي مرجعاً للمعايير الوطنية الموجودة على مستوى مختلف دول العالم و المحفوظة من قبل الهيئات الوطنية للمقاييس والمواصفات. يحتوي النظام الدولي لوحدات القياس على :

أولا - الوحدات الأساسية SI BASIC UNITS كما مبين في الجدول(4-1)

الرمز Symbol	وحدة القياس Unit of Measurment		الكمية المقاسة Measured Quantity	
M	meter	المتر	Length	الطول أو البعد
Kg	Kilogram	الكيلوغرام	Mass	الكتلة
S	Second	الثانية	Time	الزمن
K	Kelvin	الكلفن	Temperature	درجة الحرارة
Amp	Ampere	الأمبير	Electrical Current	شدة التيار الكهربائي
Mol	Mole	المول	Quantity of matter	كمية المادة
Cd	Candela	الشمعة	Luminosity	شدة الاستضاءة

الجدول(4-1) الوحدات الأساسية

ثانيا - الوحدات المشتقة Derived Units كما مبين في الجدول (4-2)

من الوحدات الأساسية يمكن استنباط وحدات عملية أخرى تسمى بالوحدات المشتقة . تشتق هذه الوحدات عن طريق القوانين الفيزيائية التي تحكم الكمية المدروسة.

الكمية المقاسة Measured Quantity		القانون الفيزيائي	وحدة القياس
المساحة	Area	الطول x العرض	m^2
الحجم	Volume	الطول x العرض x الأرتفاع	m^3
السرعة الخطية	Linear	المسافة / الزمن	m/s
الذبذبة	Frequency	1 / الزمن	Hz
الكثافة	Density	الكتلة / الحجم	kg/m^3
التسارع (التعجيل)	Acceleration	السرعة / مربع الزمن	m/s^2
القوة	Force	الكتلة x التسارع(التعجيل)	N
الضغط	Pressure	القوة / المساحة	N/m^2
التدفق	Flow Rate	الحجم / الزمن	m^3/s

الجدول (4-2) الوحدات المشتقة

مضاعفات وأجزاء الوحدات الأساسية المعتمدة: كما مبين في الجدول (4-3)

حسب النظام الدولي للمقاييس SI تستعمل قوى العشرة لتحديد وحدات القياس حيث يمكن استبدال كل رقم من مضاعفات العشرة بالرمز المكافئ له وهي معرفة كما يأتي :

$1\ mm = 1/1000\ m = 10^{-3}\ m$

$1\ cm = 1/100\ m = 10^{-2}\ m$

اسـم المعامل Prefix	الرمز	معامل الضرب	اسـم المعامل Prefix	الرمز	معامل الضرب
يوفتا yofta	Y	10^{24}	ديسي deci	d	10^{-1}
زيتا zeta	Z	10^{21}	سنتي centi	c	10^{-2}
اكسا exa	E	10^{18}	ميلي mili	m	10^{-3}
بيتا peta	P	10^{15}	ميكرو micro	μ	10^{-6}
تيرا tera	T	10^{12}	نانو nano	n	10^{-9}
جيجا giga	G	10^{9}	بيكو Pico	p	10^{-12}
ميجا mega	M	10^{6}	فيمتو femmto	f	10^{-15}
كيلو kilo	k	10^{3}	أتو atto	a	10^{-18}
هكتو hekto	h	10^{2}	زبتو zepto	z	10^{-21}
ديكا daka	da	10	يوكتو yocto	y	10^{-24}

جدول (4 – 3) معاملات الضرب للوحدات الأساسية

وحدات القياس في النظام الإنجليزي English Units:

إن وحدة المتر المستعملة في النظام الدولي أُخذت من النظام المتري الفرنسي. و بالموازاة مع هذا النظام يوجد هناك النظام الإنجليزي الذي ما زال مستعملاً بصورة أقل شمولية من النظام الدولي . يعتمد النظام الإنجليزي على وحدات القياس التالية: الميل - الياردة - القدم - الانج. و هي مُعرفة كما يلي : الجدول (4-4) وحدات النظام الإنكليزي

الوحدة الانجليزية		رمزها و قيمتها	قيمتها في النظام الدولي SI
ميل	miles	1 mile = 1760 yard	1 mile = 1.609 km
ياردة	yard	1 yard = 3 ft	1yd = 91.44 cm
قدم	foot	1 ft = 12 in	1 ft = 30.48 cm
أنج	inch	In	1 in = 25.4 mm

جدول (4 – 4) وحدات النظام الانكليزي

تُعد وحدة الانج من بين الوحدات المعمول بها في المجال الصناعي . لذا نجد أن معظم أجهزة قياس الأبعاد مثل المسطرة الحديدية أو القدمة ذات الورنية مدرجة بهذه الوحدة إضافة إلى وحدة المليمتر.

أجزاء الانج هي : (128/1) , (64/1) , (32/1) , (16/1) , (8/1) , (4/1) , (2/1) , (8/5) , (4/3) , (8/7)

2-2-4 طرق القياس

تُجرى عملية القياس بالطريقة المباشرة (Direct Measurement) إذ تتم بمقارنة البعد المطلوب قياسه مباشرة مع جهاز القياس ، أما الطريقة غير المباشرة (Indirect Measurement) ، فتتم عن طريق وسائل مساعدة مثل الفراجيل لاستشعار البعد المراد قياسه و من ثم مقارنته مع جهاز قياس مثل المسطرة أو القدمة ذات الورنية.

ويمكن تصنيف أدوات القياس بحسب طرق استعمالها ، كما يأتي :

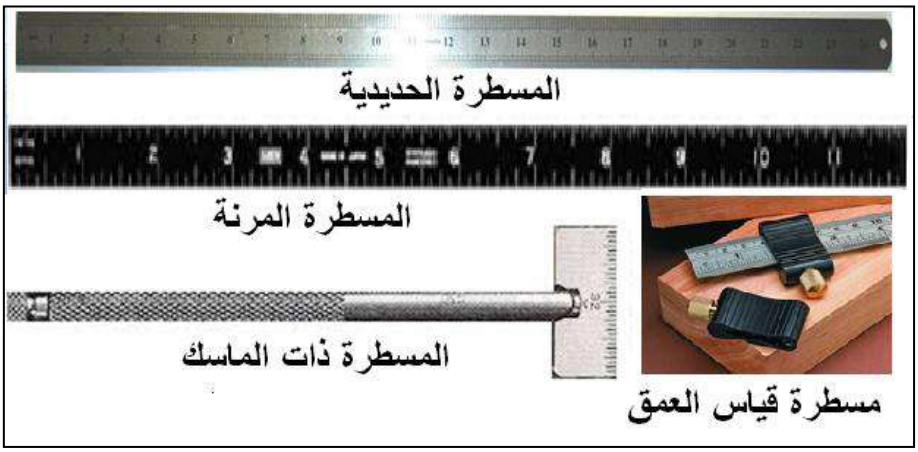
1. **أدوات القياس المباشر(المساطر) .**
2. **الأدوات الناقلة للقياس (الفراجيل) .**
3. **أدوات وأجهزة قابلة للتبديل (قدمة القياس والمايكرومتر) .**
4. **أدوات وأجهزة الفحص والمعايرة (المحددات والقوالب) .**

اولا : أدوات القياس المباشر (المساطر) .

تستعمل لقياس الأبعاد الخطية، إذ تتسم بسهولة استعمالها وتتصف بمستوى دقة منخفض يبلغ نحو نصف مليمتر، مثل المساطر الفولاذية وأشرطة القياس وتقسم الى ما يأتي :

1. **المساطر المدرجة (Rules) :**

أدوات قياس بسيطة لقياس الأطوال تقرأ القيمة المطلوب قياسها مباشرة من على التدريج الموجود عليها وتصنع من الفولاذ الصلد غير القابل للصدأ, لضمان فعاليتها في الاستعمال ضمن ظروف العمل، ورغم وجود الأجهزة الالكترونية ذات التقنية العالية في القياس تبقى المسطرة الأداة البسيطة والأكثر استعمالاً في ورش التشغيل ومختبرات التدريب وفي متناول أيدي الفنيين ، تتوفر المساطر الفولاذية المرنة بأطوال مختلفة ويكون محفوراً عليها تدريج إما بالنظام المتري (بدقة 1mm أو بدقة0.5mm) او بنظام الانج (بدقة 1/8 in أو بدقة 1/16 in) أو كلا النظامين ، وهي الأكثر انتشاراً في ورش السباكة. تتنوع أشكال وأطوال المساطر كما في الشكل (4-1) ، أهمها المسطرة الحديدية والمسطرة المرنة المصنوعة من الصلب ذات الطول (30 cm) والمسطرة ذات الماسك لقياس الأبعاد الصغيرة والمسطرة المرنة ذات السُمك ألقليل الأبعاد والتي تحتاج الى ثني المسطرة لصعوبة قياسها بالمسطرة الاعتيادية، ومسطرة قياس العمق التي تحتوي على جزء ينزلق عليها بوضع يساعد على تحديد القياس إذ يوضع الجزء المنزلق على المشغولة وتدفع المسطرة للداخل ثم يقرأ البعد .



الشكل(4-1) المساطر المدرجة.

2. أشرطة القياس (Measuring Tapes) :

وتستعمل لقياس المسافات الكبيرة، الشكل (4-2) ، مثل المساطر المفصلية وأشرطة القياس النسيجية والمعدنية ، والتي تتيح قياس مسافات طويلة ويمكن طيها في حيز صغير .

الشكل (4-2) أشرطة القياس

ثانيا : أدوات القياس الناقلة (الفرجال والمقسم Divider)

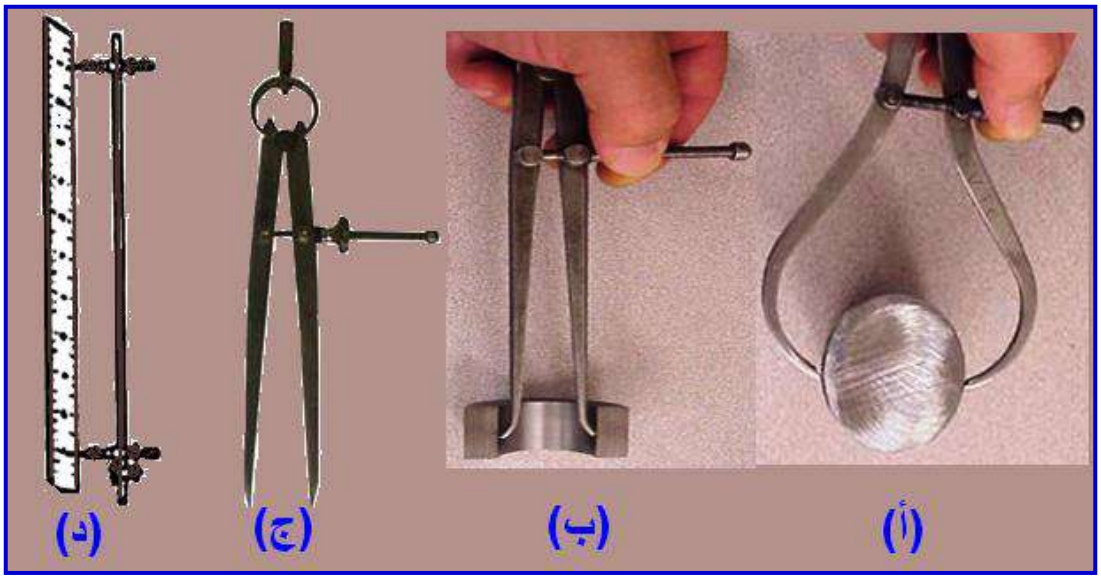
هي أدوات مساعدة لإجراء عملية القياس للأبعاد بالطريقة غير المباشرة إذ تسمح بنقل قيمة البعد المقاس من المسبوكة إلى جهاز القياس (تجهز بعضها بمسمار ذو نابض للضبط) تستعمل هذه الوسائل في الحالات التي يتعذر فيها وصول جهاز القياس الى البعد المقاس كما في الشكل (4-3)، وتكون على أنواع عدة أهمها :

أ- فرجال القياس الخارجي : يتصف بانفراج نهايتي ساقيه للداخل ، يستعمل لأخذ مقاس قطر خارجي وبُعد بين سطحين في المشغولة ثم نقل هذا المقاس لقياسه على المسطرة، كما يستعمل لمراجعة بُعد معين لمشغولة ما أثناء التشغيل او بعده وذلك بعد ضبط فتحة الفرجال على المقاس المطلوب كما في الشكل (4-3- أ).

ب- فرجال القياس الداخلي : يتصف بانفراج نهاية ساقيه للخارج، يستعمل في قياس الأبعاد الداخلية للمشغولات وهي أنواع مختلفة، الشكل (4-3- ب) .

ج- فرجال التقسيم (المقسم) : يتصف بكون ساقيه مستقيمين ذا أطراف مدببة ، يستعمل في تخطيط أقواس او دوائر او لتوقيع أبعاد على سطح المسبوكة مأخوذة مقاساتها من المسطرة المدرجة ، كما يستعمل في تكرار نقل بُعد على سطح المسبوكات بدلاً عن المسطرة كما في الشكل (4-3- ج).

د- الفرجال ذو العمود : يتكون من عمود من الصلب يتراوح طوله عادة بين(220- 500mm) يُستعمل عادة في قياس الأبعاد التي تزيد عن مدى قياس الأبعاد التي يقيسها فرجالي القياس العادي والتقسيم، الشكل (4-3- د).



الشكل (4-3) أدوات القياس الناقلة

4-2-3 أدوات وأجهزة الفحص والمعايرة (مساطر التسوية والمحددات)

تتصف هذه الأدوات بأنها ذات قيم ثابتة، تستعمل لتحديد مدى التطابق بين مقدار البعد للمسبوك او الشكل المطلوب إنتاجه ومقدار القيمة القياسية ، وبالتالي قبول أو رفض المسبوكة بطريقة فحص دقيقة وسريعة ، من تلك العُدد مساطر التسوية وقوالب القياس والمساطر الشعرية فضلاً عن المعايير الحديثة الثابتة والقابلة للتغيير والضبط .

4-2-4 أداوت وأجهزة الفحص القابلة للتبديل

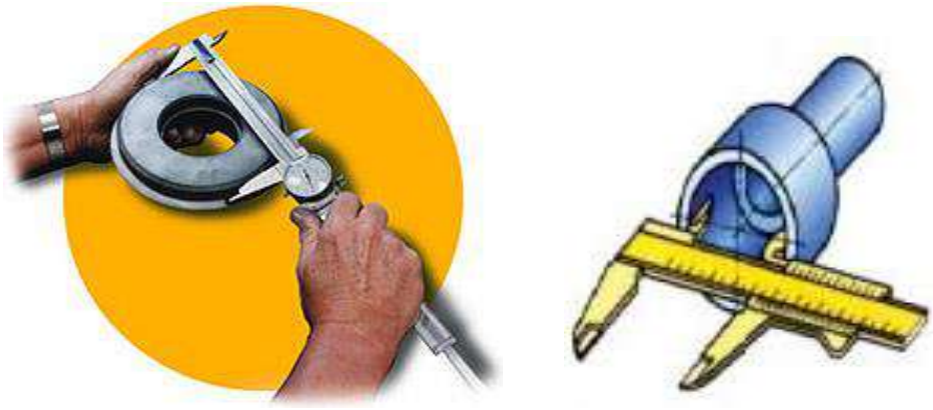
تُعد هذه الأدوات الأكثر انتشاراً في ورش السباكة وباقي ورش التشغيل لما تمتاز به من دقة عالية في القياس وسهولة في الاستعمال وقد ظهر منها حديثاً أجهزة أكثر تطوراً بإضافة بيانات رقمية أو ساعات ذات مؤشر ، وأبرز أنواعها قدمة القياس ذات الورنية، ومايكرومتر القياس على اختلاف أنواعهما .

اولا : قدمات القياس ذات الورنية (Vernier Calipers) :

تعد القدمة ذات الورنية من بين أكثر الأدوات المستعملة في القياس في المجال المهني وورش السباكة والإنتاج ، لصغر حجمها وتعدد أشكالها وإمكانيات القياس المتعددة التي توفرها في قياس الأبعاد الخارجية والداخلية وفي قياس الأعماق ، فضلاً عن الدقة العالية لبعض أنواعها . توجد أشكال عدة للقدمة ذات الورنية التي يختلف استعمال كل منها عن الأخرى باختلاف الجزء المطلوب قياسه لكنها تشترك بصفات عدة منها؛ مصنوعة من الصلب غير القابل للصدأ وحجمها مناسب ، سهلة الاستعمال اليدوي مع إمكانية تثبيتها على القياس المطلوب وغالباً ما تجمع بين القياسين المتري والإنكليزي وأجزائهما، ويمكن تصنيعها بأحجام متعددة. وفيما يأتي أبرز أنواع القدمات :

ا- قدمة القياس المنزلقة ذات الورنية (Slide Caliper):

وهي القدمة الاعتيادية (الشاملة) شائعة الاستعمال كما في الشكل (4-4) ، تستعمل في قياس الأقطار الخارجية والداخلية إذ يوضع الفك الثابت على المسبوكة ، بينما تستعمل اليد الأخرى في تدوير صامولة الضبط للحصول على المقاس الصحيح .



الشكل(4-4) قدمة ذات الورنية لقياس البعد الخارجي والداخلي

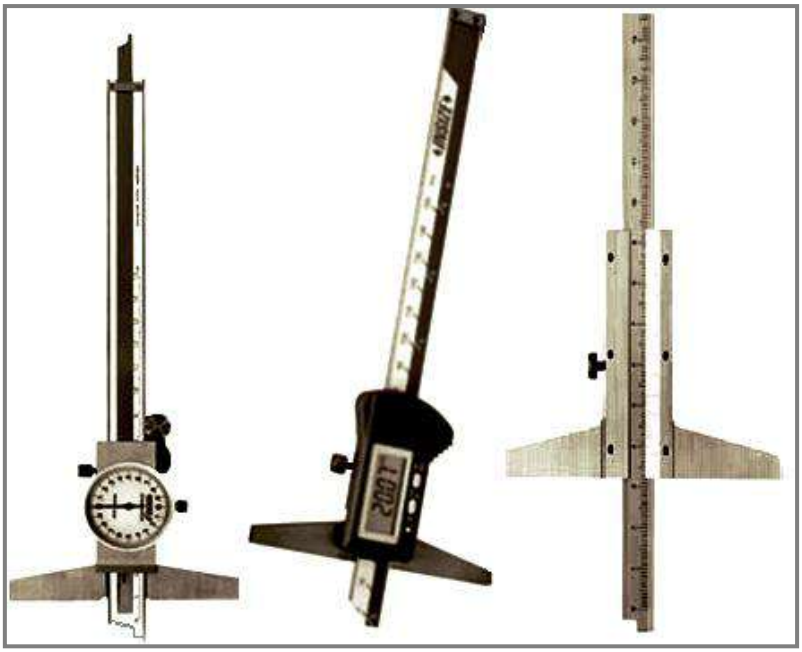
أ) القدمة الرقمية (Digital Caliper) : تستعمل القدمة الإلكترونية بنفس الطريقة المذكورة للقدمة ذات الورنية ، إلا أن قراءة نتيجة القياس تكون مباشرة على الشاشة الإلكترونية كما في الشكل (4-5)، يتميز هذا النوع بسهولة استعماله و لكنه حساس وقد تتأثر دقته بالحرارة، الرطوبة، أو المواد الكيميائية.

الشكل(4-5) القدمة الرقمية

ج) القدمة ذات الساعة (Dial Gauge Caliper) : مشابهة لقدمة القياس ذات الورنية باختلاف الساعة البيانية كما في الشكل (4-6) ، وكما في ساعة الوقت تتكون من مؤشرين ، يشير الصغير الى قراءة السنتمترات ، (التقسيم الدائري مقسم على عشرة أجزاء متساوية قيمة كل منها (1cm)، كما يشير المؤشر الكبير الى قراءة المليمترات، (التقسيم الدائري مقسم على عشرة أجزاء متساوية قيمة كل منها (1mm) كما يوجد تقسيم نقطي لتنصيف المليمتر، لتكون دقة القراءة (0.05mm)، وتعمل مسطرة القدمة كجريدة مسننة يتحرك عليها ترس صغير يعطي حركته لمجموعة تروس أخرى ليتحرك المؤشر حركة دائرية مشيراً إلى قراءة القياس.

الشكل(4-6) قدمة القياس ذات ساعة البيان

د) قدمة قياس الأعماق (Depths Caliper) : تشبه هذه القدمة مسطرة قياس العمق وكذلك مايكرومتر قياس العمق وهي تستعمل في قياس أعماق الفتحات والثقوب .وتتكون من ذراع مدرج بطول (200-250 mm)، ينزلق عليها الجزء المتحرك ذي القنطرة، ويبين الشكل (4-7) ثلاثة أنواع هي القدمة ذات الورنية، القدمة الرقمية، والقدمة ذات ساعة البيان، وتجرى عملية القياس بتثبيت القنطرة على سطح المسبوكة ويحرك عمود مسطرة القياس حتى يرتكز على القاع ثم يربط مسمار التثبيت وتقرأ القيمة بنفس طريقة القدمة العادية.

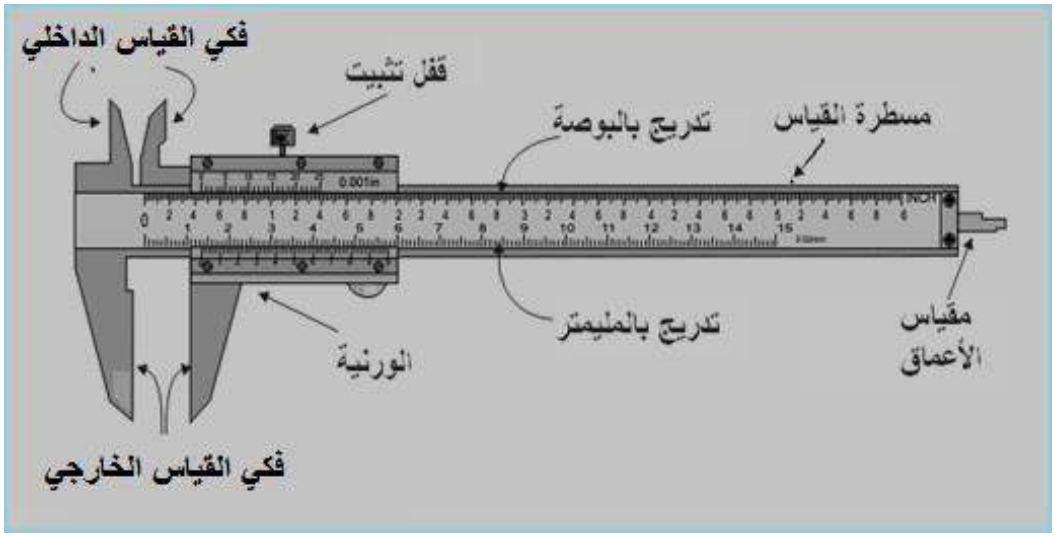


الشكل (4-7) أنواع قدمة قياس الأعماق

ه) قدمة قياس الارتفاع (Height Caliper) : تستعمل هذه القدمة لقياس ارتفاع المسبوكات وفي إنجاز تخطيط العلامات عليها (عملية الشنكرة) وتقرأ القيمة على الورنية مباشرة ، أو بساعة بيان، أو بشاشة رقمية، الشكل (4-8).

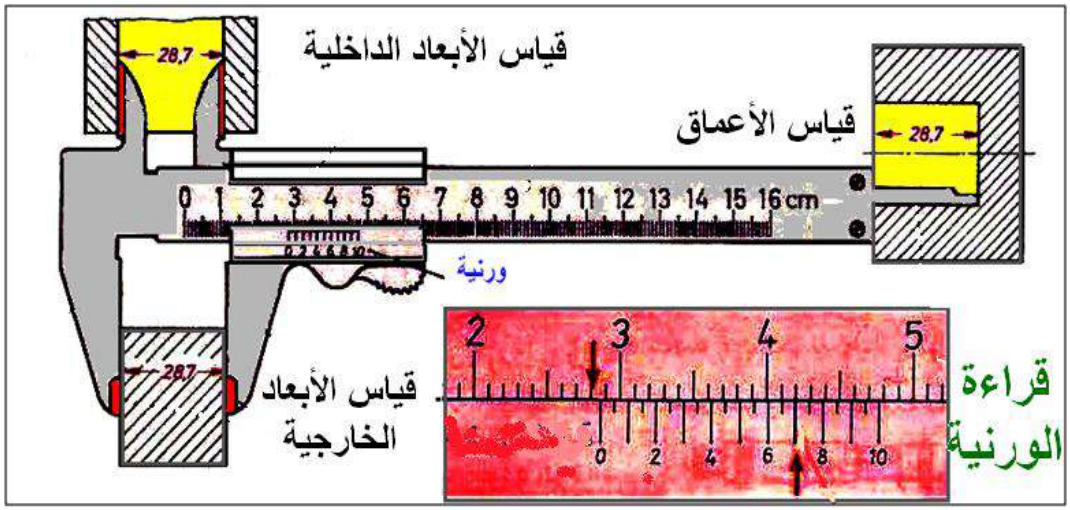
الشكل(4-8) قدمة قياس الارتفاع

أجزاء القدمة ذات الورنية: تتكون القدمة ذات الورنية كما في الشكل (4-9) ، من جزأين رئيسين أحدهما ثابت ومدرج عليه مقياس رئيسي (Main Scale) مشابه لمقياس المسطرة بتدريج مليمتري (وأحياناً تدريج بالانج على الجانب الآخر)، متصل بأحد فكي القياس (الفك الثابت Fixed Jaw)، أما الجزء الثاني فهو منزلق وبه تدريج آخر يسمى بالتدريج الثانوي أو الورنية (Vernier Scale)، يكون متصلاً بفك القياس الثاني (الفك المتحرك Movable Jaw)، مثبت عليه ساق لقياس الأعماق (Stem for Depth Measurements) يتحرك مع الورنية، إذ تتم عملية القياس بوضع المسبوكة بين فكي القدمة ويحرك الجزء المتحرك نحوها ثم تثبت على القياس المطلوب بوساطة مسمار للتثبيت (أو عتلة نابضية) ويحدد البعد المطلوب قياسه عن طريق قراءة المسطرة والتدريج الثانوي على الورنية.



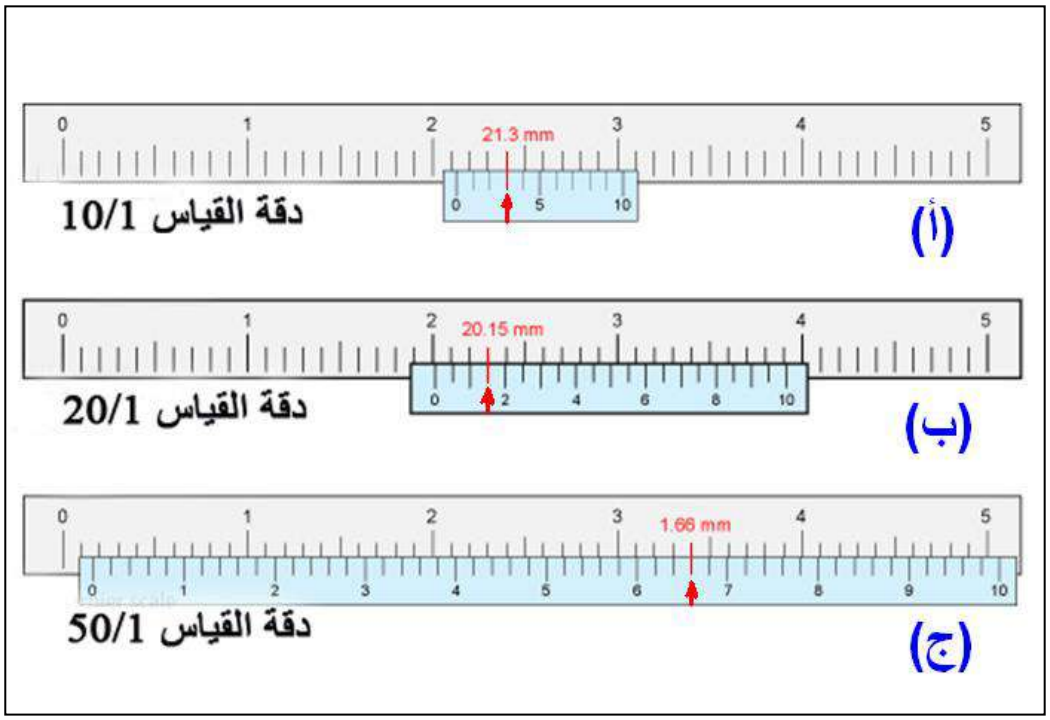
الشكل(4-9) أجزاء قدمة القياس ذات الورنية

تتمكن قدمة القياس من إجراء عمليات القياس بوساطة الفكوك للأبعاد الداخلية والخارجية فضلاً عن قياس الأعماق إذ تتم القراءة (نفسها) على المسطرة المدرجة والورنية كما في الشكل (4-10).



الشكل(4-10) عمليات قياس الأبعاد بقدمة القياس

طريقة عمل القدمة ذات الورنية: يبين الشكل (4-11) قدمة ذات الورنية بدرجات دقة مختلفة (0.1mm, 0.05mm, 0.02mm)، يتم تحديد دقة الورنية من لوحة تفاصيل الجهاز وعادة تكتب على جسم القدمة.



الشكل (4-11) درجات الدقة في القدمة ذات الورنية

أ) القدمة ذات الدقة (0.1mm) :

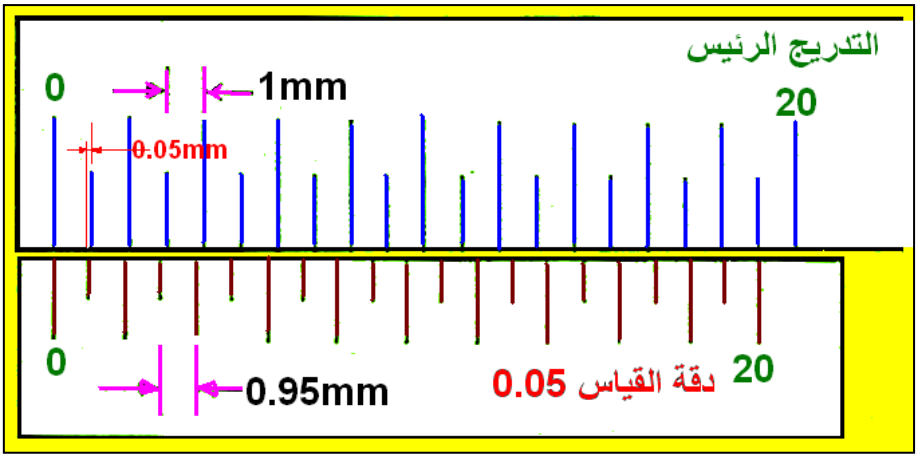
يقابل طول التدريج (الثانوي) على ورنية القدمة المنزلقة (9) أجزاء من تدريج المسطرة الثابتة (الرئيس)، إذ قسم هذا الطول على (10) أجزاء لتكون المسافة بين الأجزاء تعادل (0.9mm) كما في الشكل (4-12) ، وبذلك يقل كل جزء على المسطرة المنزلقة بمقدار (0.1mm) عن أجزاء المسطرة الثابتة.

الشكل(4-12) القدمة ذات الدقة (0.1mm)

عندما ينطبق تدريج الصفر في الورنية مع تدريج الصفر في المسطرة الثابتة، نلاحظ أن التدريج الأول مزاحاً (متأخراً) بمقدار (0.1mm) عن تدريج الجزء الأول في المسطرة، والتدريج الثاني سيكون بالتالي مُزاحاً بمقدار (0.2mm) عن مثيلهُ في المسطرة، والثالث بمقدار (0.3mm) وهكذا يكون التدريج التاسع مزاحاً بمقدار (0.9mm)، أما التدريج العاشر من تدريجات الورنية المنزلقة فينطبق حتماً على التدريج التاسع من المسطرة الثابتة، وعلى ذلك تكون دقة الورنية (1/10).

ب)القدمة ذات الدقة (0.05mm) :

يقابل طول التدريج (الثانوي) على ورنية القدمة المنزلقة (19) جزءاً من تدريج المسطرة الثابتة (الرئيس) ، إذ قسم هذا الطول على (20) جزءاً لتكون المسافة بين الأجزاء تعادل (0.95mm) ، الشكل (4-13)، وبذلك يقل كل جزء على المسطرة المنزلقة بمقدار (0.05mm) عن أجزاء المسطرة الثابتة.

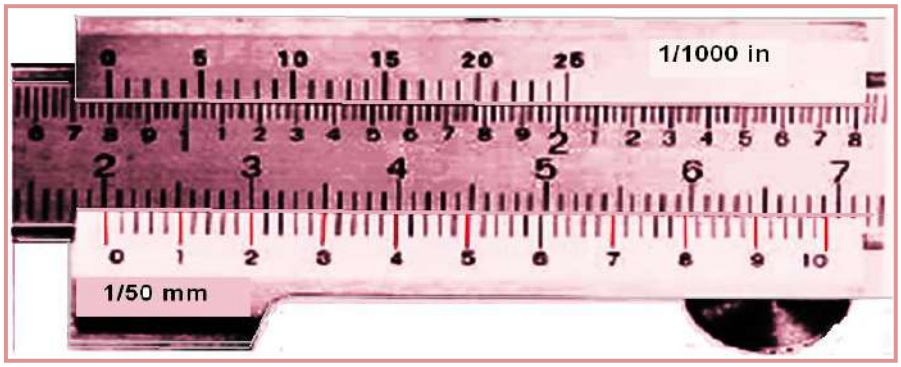


الشكل(4-13) القدمة ذات الدقة (0.05mm)

عندما ينطبق تدريج الصفر في الورنية مع تدريج الصفر في المسطرة الثابتة ، نلاحظ أن التدريج الأول مزاحاً (متأخراً) بمقدار (0.05mm) عن تدريج الجزء الأول في المسطرة، والتدريج الثاني سيكون بالتالي مزاحاً بمقدار (0.05 x 2 = 0.1mm) عن مثيلهُ في المسطرة، والثالث بمقدار (0.15mm) وهكذا يكون التدريج التاسع عشر مزاحاً بمقدار (0.95mm)، أما التدريج العشرين من تدريجات الورنية المنزلقة فينطبق حتماً على التدريج التاسع عشر من المسطرة الثابتة، وعلى ذلك تكون دقة الورنية (1/20).

ج) القدمة ذات دقة (0.02mm) :

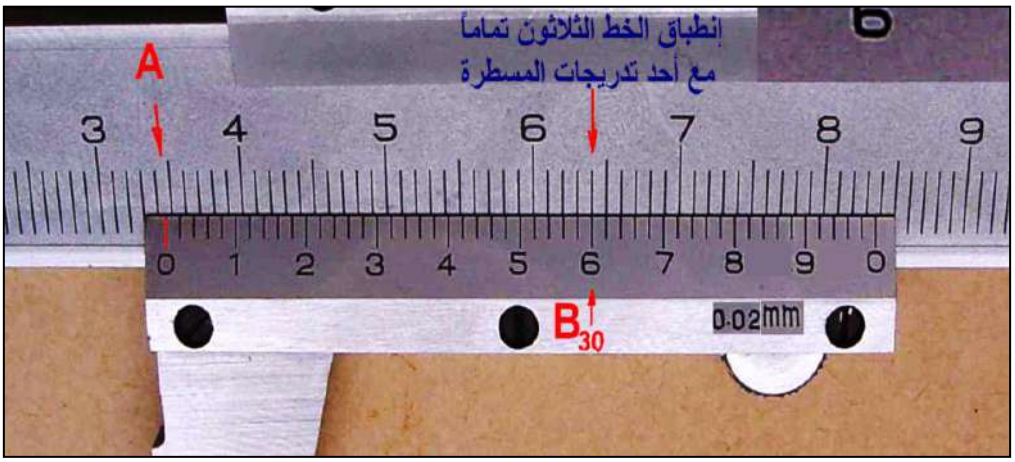
يقابل طول التدريج (الثانوي) على ورنية القدمة المنزلقة (49) جزءاً من تدريج المسطرة الثابتة (الرئيس)، إذ قسم هذا الطول على (50) جزءاً لتكون المسافة بين الأجزاء تعادل (0.98mm) كما في الشكل (4-14)، وبذلك يقل كل جزء على المسطرة المنزلقة بمقدار (0.02mm) عن أجزاء المسطرة الثابتة، ويبين الشكل أن الورنية مجهزة بتدريجات البوصة ذات دقة القياس (1/1000 in)، لأن القدمة مقسمة على (25) جزءاً وتدريجات المسطرة مقسمة على (40) جزءاً لكل انج .



الشكل(4-14) قدمة القياس ذات الدقة (0.02mm)

عندما ينطبق تدريج الصفر في الورنية مع تدريج الصفر في المسطرة الثابتة، نلاحظ أن التدريج الأول مزاحاً (متأخراً) بمقدار (0.02mm) عن تدريج الجزء الأول في المسطرة، والتدريج الثاني سيكون بالتالي مزاحاً بمقدار (0.02 x 2 = 0.04mm) عن مثيلهُ في المسطرة، والثالث بمقدار (0.06mm) وهكذا يكون التدريج التاسع والأربعون مُزاحاً بمقدار (0.98mm)، أما التدريج الخمسين من تدريجات الورنية المنزلقة فينطبق حتماً على التدريج التاسع والأربعون من المسطرة الثابتة، وعلى ذلك تكون دقة الورنية (1/50).

مثال 2-1 : يبين الشكل (4-15) قدمة قياس ذات دقة قياس (0.02mm)، كم تكون قراءة البعد النهائي للقدمة؟



الشكل(4-15) قراءة ورنية ذات دقة قياس (0.02mm)

تتم عملية قراءة قياس القدمة ذات الورنية على مرحلتين أساسيتين :

1 - ننظر إلى ورنية القياس وبالتحديد إلى موقع الصفر ونقرأ العدد الذي على يساره والمسجل على مسطرة القياس الرئيس، نسجل قيمة القراءة (A) بالميليمترات الصحيحة ، (الأرقام المبينة على المسطرة هي سنتمترات والتدريجات البينية هي ميليمترات).

$$A = 34mm$$

2 - ننظر من بداية صفر المسطرة ونحدد أول تطابق تام بين تدرجي المسطرة والورنية ثم نقرأ عدد تدرج الورنية المسجلة مع التطابق ، يضرب هذا العدد في دقة الورنية ويكون ذلك قيمة قراءة الورنية (B) بأجزاء الميليمتر.

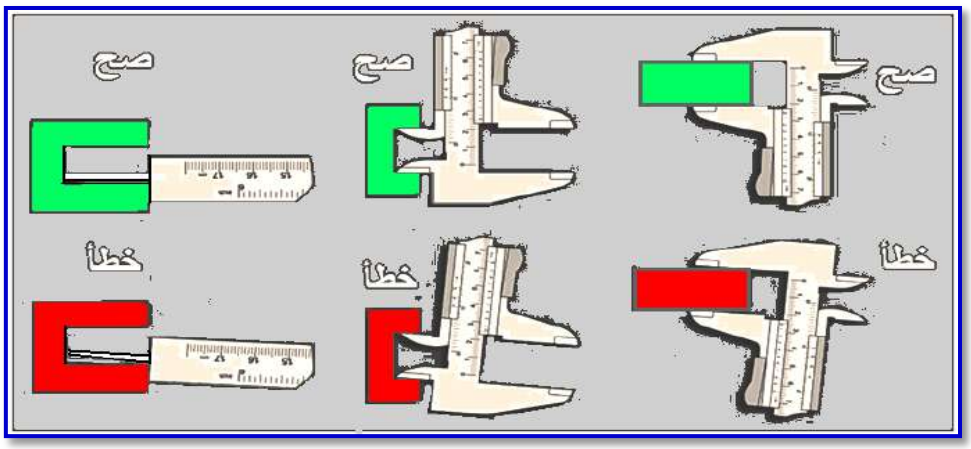
$$B = 30 \times 0.02 = 0.6\ mm$$

تكون نتيجة قيمة القياس، حاصل جمع قيمة (A) وقيمة (B) لنحصل على قيمة القراءة الكلية لقدمة القياس ذات الورنية.

$$A + B = 34 + 0.6 = 34.6\ mm$$

قواعد استعمال قدمة القياس : للحصول على قراءات صحيحة وضمان دقة قياس القدمة عند إجراء أي عملية قياس من الواجب مراعاة القواعد والشروط الآتية :

1. **تنظيف عُدة القياس والفكوك والمسبوكة المطلوب قياسها من الزيوت والأتربة قبل الاستعمال .**
2. **اختيار أداة القياس المناسبة وتحديد موقع نقطة الصفر عليها .**
3. **يكون النظر عمودياً على التدريج في أداة أو جهاز القياس عند أخذ القراءة .**
4. **استعمال أداة القياس برفق وعدم استعمال الضغط والقوة أثناء عملية القياس .**
5. **الضغط على الفك السفلي (المنزلق) باتجاه الجزء المقاس ، ومن دون استعمال قوة اكبر مما يلزم .**
6. **لا يجوز أن تكون القدمة مائلة ومرتكزة على حافتيها أثناء القياس مع الحفاظ على توازي الفكوك مع أسطح المسبوكة كما في الشكل (4 -16) .**

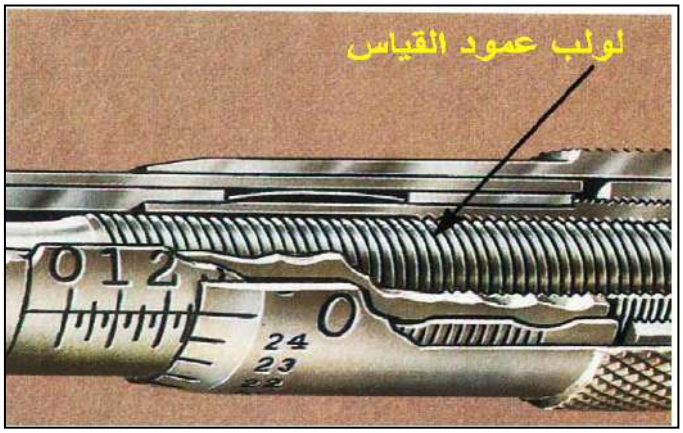


الشكل (4-16) الطريقة الصحيحة لاستعمال القدمة ذات الورنية في القياس

7. **تقاس المسبوكة وهي باردة (درجة حرارة الغرفة)؛ إذ أن المسبوكات الساخنة أكبر حجماً من أبعادها الاعتيادية.**
8. **تنظف القدمة بعد استعمالها وتزييتها ووضعها في أغلفة فوق قاعدة لينة، لمنع التلف الذي يلحق بها من احتكاكها بالعدد الأخرى، أو تضررها نتيجة سقوطها على الأرض.**

ثانيا : المايكروميتر (Micrometer):

يعتمد تقييم المسبوك على دقة أبعاده ومدى مطابقته لمتطلبات التصميم، وتبعا لذلك صممت أدوات القياس لتكون حساسة لدقة محددة، وكما مَر سابقاً فإن أقصى دقة لقدمة القياس ذات الفرنية لا تصل لحد المايكرون (10^{-3} mm أو 10^{-6} m) وللحاجة لسباكة قطع وأجزاء ميكانيكية يتطلب تجميعها وأدائها دقة عالية أثناء التشغيل والإنتاج، صار ضرورياً استعمال أدوات وأجهزة قياس أكثر دقة، إذ يُعد الميكروميتر من معدات القياس البسيطة الاستعمال والتي تستعمل في ورش السباكة والمختبرات على نطاق واسع لصغر حجمه ودقته العالية التي تصل الى (0.001mm)، حيث تتوفر أنواع منه للقياسات الخارجية والداخلية وفي قياس الأعماق واللوالب (القلاووظ). تعتمد فكرة الميكروميتر على حركة اللولب (القلاووظ) والصامولة والعلاقة التي تحكم حركتهما تسمى الخطوة (Pitch) والتي تعرف بأنها المسافة الطولية التي يتحركها اللولب المرتبط مع صامولة عند تدويره دورة كاملة ، فإذا كانت خطوة سن اللولب (1mm) فعند دورانه دورة كاملة يتحرك اللولب الى الأمام أو للخلف مسافة قدرها (1mm)، أي تحويل الحركة الدائرية الى حركة مستقيمة ، ويبين الشكل (4-17) التركيب الداخلي للميكروميتر.



الشكل(4-17) التركيب الداخلي للمايكروميتر

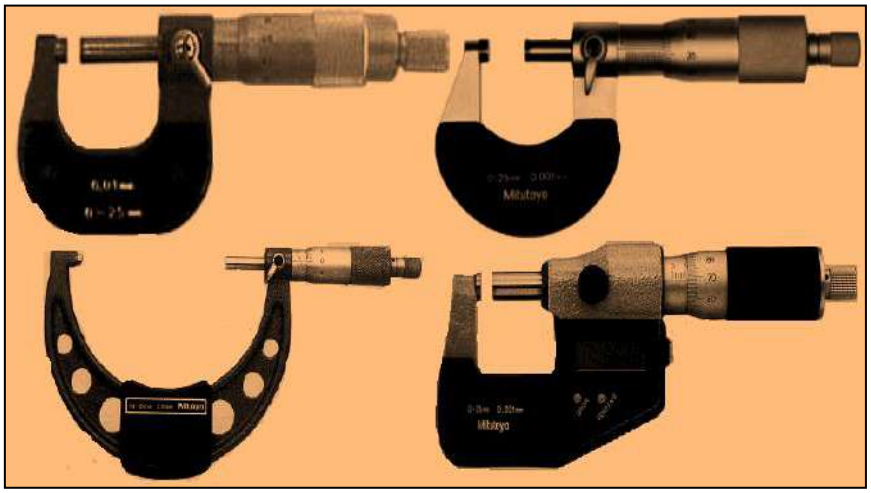
أنواع واستعمالات المايكروميتر :

تنتج المايكرومترات بأشكال وأحجام مختلفة، كل منها مصمم لوظيفة، وذو مميزات تناسب المنتج المطلوب قياسه وعملية القياس المطلوبة بحسب نطاق القياس المطلوب، ويكون طول مشوار عمود القياس 25 mm، والغرض من تصنيعه بهذه الصورة وعدم زيادة طول مشوار عمود القياس هو المحافظة على دقة وحساسية المايكروميتر، ويزداد نطاق قياس المايكروميتر بمقدار 25 mm مثل (0-25, 25-50, 50-75)، وهكذا الى أن يصل الى

1000 mm، والذي يحتاج الى ثلاثة أشخاص لإتمام عملية القياس ، أما في النظام الإنكليزي فيمكن قياس الأبعاد حتى 40 in ، ومن أهم أنواع المايكروميتر ما يأتي :

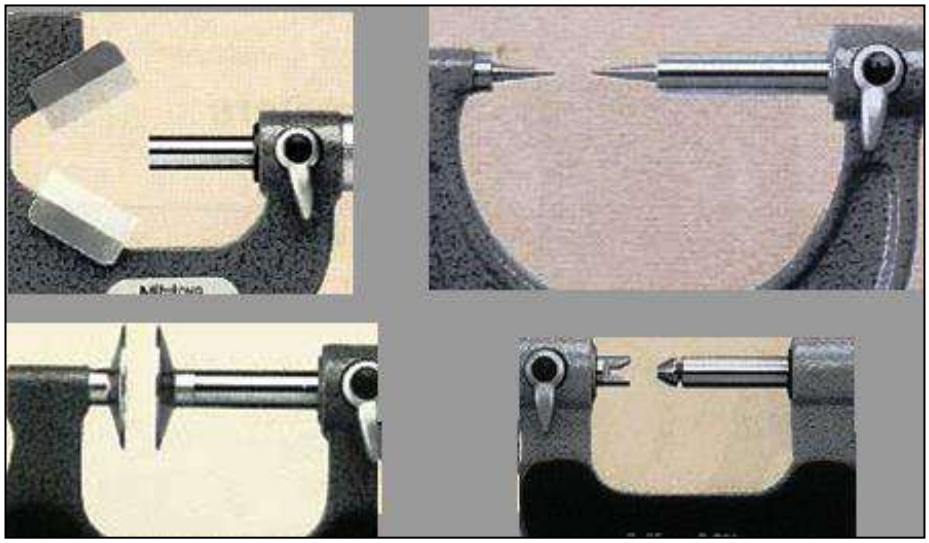
1) مايكروميتر القياس الخارجي (Outside Micrometer):

يستعمل لقياس الأبعاد الخارجية للقطع والمشغولات ، كالأقطار الخارجية و السطوح المتقابلة كما في الشكل (4-18).



الشكل(4-18) بعض أنواع مايكروميتر القياس الخارجي

وتوجد أشكال متعددة لسطحي الفك الثابت (سندان الارتكاز) والفك المتحرك (عمود القياس) ، لتناسب قياس سمك الألواح المعدنية والفراغات الرفيعة (رؤوس مدببة) واللوالب (القلاووظ) فضلاً عن المسبوكات غير المنتظمة كما في الشكل (4-19).



الشكل(4-19) مايكروميترات قياس خارجي ذات أشكال مختلفة لمنطقة القياس

تركيب مايكروميتر القياس الخارجي : يبين الشكل (4-20) الأجزاء الرئيسة التي يتكون منها المايكروميتر.

1- **إطار (هيكل) Frame:- الهيكل الذي يحمل جميع الأجزاء، يكون على شكل حرف (U) يصنع من الصلب أو سبائك غير قابلة للصدأ، تغطى منطقة الحمل بطبقة عازلة لمنع تأثير تسرب حرارة اليد.**

2- **قاعدة الارتكاز (السندان) Anvil:- وهو الجزء الثابت بالهيكل يرتكز (يستند) عليه الجسم المطلوب قياسه ويقابل الجزء المتحرك.**

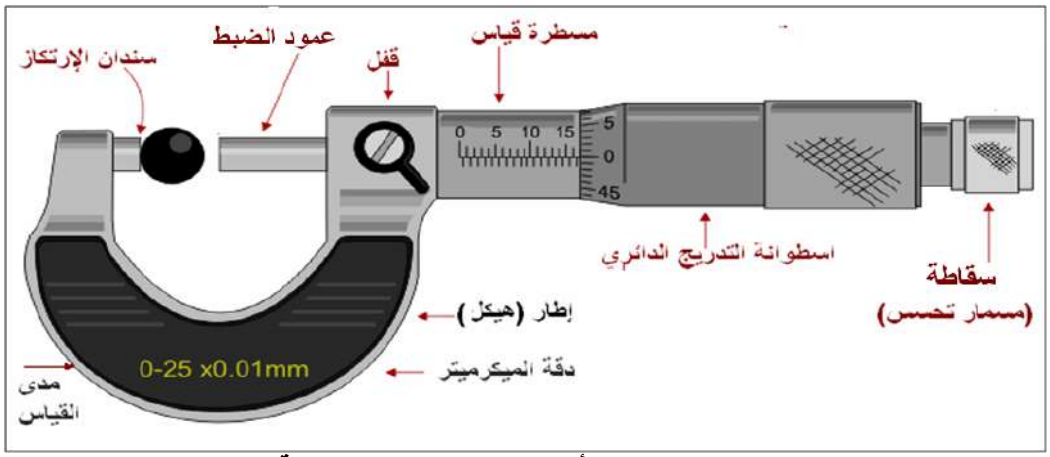
3- **عمود الضبط (المحور) Spindle :- ساق أسطواني ذو صلادة ونعومة عاليتين يتحرك الى الداخل والخارج بوساطة لولب خطوة (0.5mm) ويقوم بحصر الجسم المراد قياسه مع قاعدة الارتكاز .**

4- **مسطرة قياس (تدريج رئيس) Sleeve with Main Scale :- الجزء الثابت بالهيكل يوجد على سطحها الخارجي خط طول يسمى الخط الأساس للقياس ويبدأ من (0 – 25) ملم وتكون قراءة المليمترات من الأعلى وأنصاف المليمتر من الأسفل .**

5- **اسطوانة التدريج الدائري Thimble with Rotating Vernier Scale :- الجزء الذي يتحكم في حركة عمود الضبط فيه أرقام مدرجة على محيطه (بدون وحدات) ، مقسم على (50) جزء .**

6- **سقاطة (عجلة تحسس) Ratchet :- تقوم بتحريك عمود الضبط لتحديد مقدار قوة ضغط الفكين على المسبوكة، وعند التلاقي مع قاعدة الارتكاز تنزلق ويسمع لها صوت تزويل يدل على توقف حركة عمود الضبط وإمكانية أخذ القراءة.**

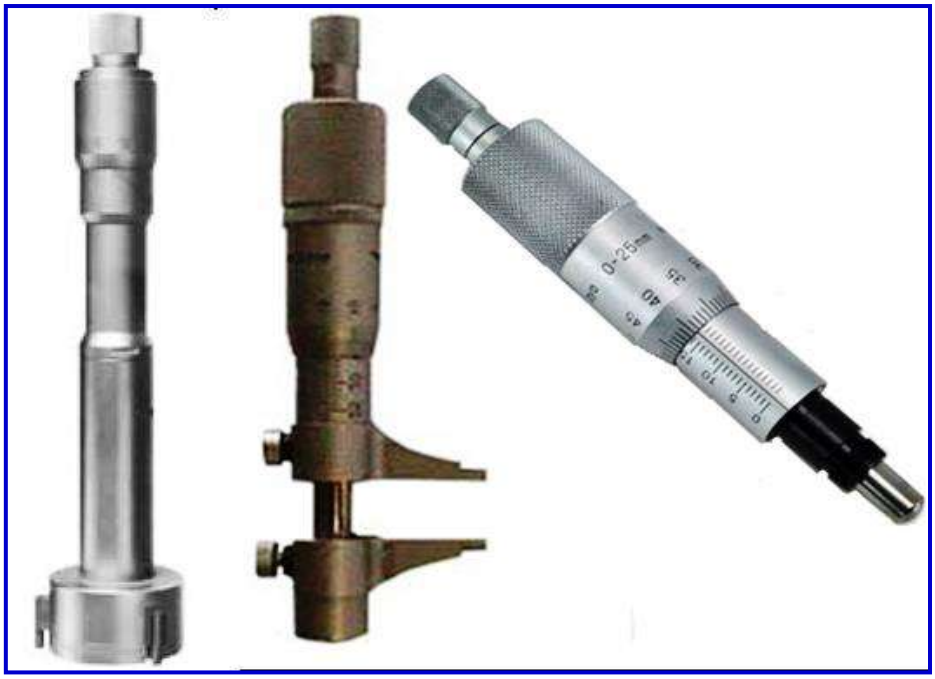
7- **قفل (عتلة تثبيت) Lock : - يثبت عمود الضبط لتحديد قراءة القياس.**



الشكل(4-20) أجزاء المايكروميتر الرئيسة

2) مايكروميتر القياس الداخلي (Inside Micrometer):

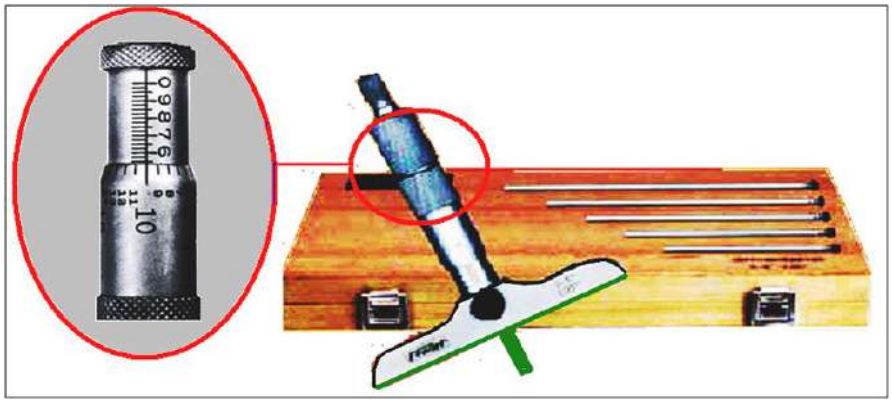
يستعمل هذا النوع من الميكروميترات لقياس الأقطار الداخلية، الثقوب والتجاويف، هذا النوع لا يحتوي على هيكل أو عمود ارتكاز ومزوداً بأعمدة تطويل يمكن استعمالها لزيادة مجال القياس، أو فكوك (ثابت ومتحرك)، أو ثلاثة فكوك لقياس الأقطار الداخلية، الشكل (4-21)، وتتم قراءة القياس على الميكروميتر الداخلي بنفس الطريقة لمايكروميتر القياس الخارجي ويضاف إلى النتيجة قيمة الطول الصفري للميكروميتر (طول العمود المضاف).



الشكل(4-21) مايكروميتر القياس الداخلي

3) مايكروميتر قياس الأعماق (Depth Micrometer) :

يستعمل هذا النوع لقياس أعماق الثقوب والأخاديد ، يتكون هذا النوع من جزء ثابت وجزء متحرك كما في مايكروميتر القياس الخارجي ، يكون شكل الجزء الثابت مصمم لإسناد الجهاز على سطح المسبوكة المراد قياسها ، الشكل (4 -22)، ولزيادة مدى القياس يزود بأعمدة قياسية من الصلب يتم توصيلها بالجزء المتحرك ذي أبعاد قياسية، مع ملاحظة أن التدريج الموجود على عمود القياس (مسطرة القياس) يكون وضعه معاكساً لوضعه في ميكروميتر القياس الخارجي ، إذ يبدأ الصفر الموجود في الأعلى وينتهي بالقيمة العظمى في الأسفل؛ نتيجة طبيعة قياس الأعماق فكلما زاد العمق تطلب ذلك امتداد العمود المتحرك ، وذلك ينطبق أيضاً على تدريجات عجلة القياس الدائري .



الشكل(4-22) مايكروميتر قياس الأعماق

قراءة قياس المايكروميتر الخارجي : لإجراء القياس بالمايكروميتر تسُند المسبوكة المطلوب قياسها على سندان المايكروميتر ويدفع عمود الضبط ويتم حصر قطعة العمل بين السندان وعمود الضبط وذلك بتدوير الاسطوانة المتحركة حتى يقترب عمود الضبط من التلامس مع المشغولة، ثم تدوير سقاطة التدوير لتضغط على المسبوكة ويسمع صوتها (صوت الراجز)، يغلق بعدها قفل أو حلقة الربط ، ويسحب المايكروميتر بعيداً عن المسبوكة، ثم تؤخذ نتيجة القياس.

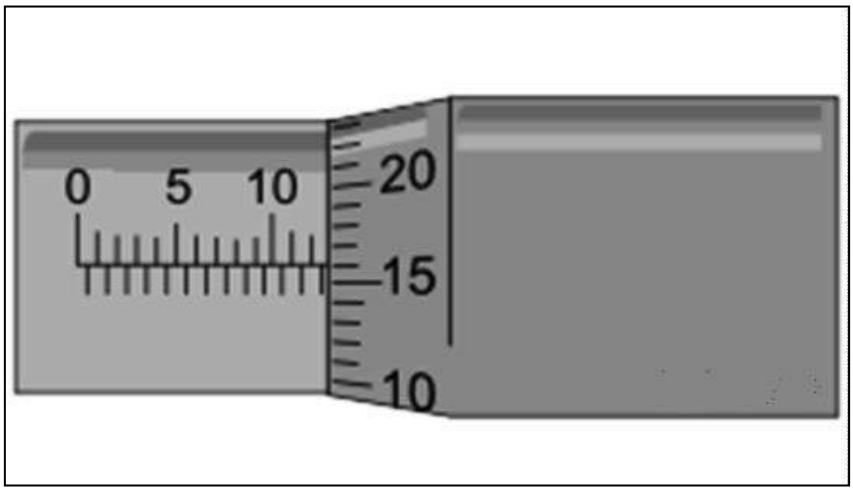
مثال 4 - 2 : بعد الانتهاء من عملية قياس مسبوكة بوساطة مايكروميتر قياس الأبعاد الخارجية، مطلوب حساب قيمة القراءة المبينة في الشكل (4-23)، علما أن خطوة لولب المايكروميتر (0.5mm).

الشكل(4-23) قراءة قياس مايكروميتر الأبعاد الخارجية

بما إن خطوة اللولب (القلاووظ) تمثل المسافة الخطية التي ينتقل بها عمود القياس عند تدوير الاسطوانة المدرجة دورة كاملة، ولكون الاسطوانة مقسمة على 50 جزءاً فأن كل جزء يمثل قيمة تعادل 0.01 mm، والتي تمثل دقة المايكروميتر، (0.01 = 50 ÷ 0.5)، وللحصول على القيمة النهائية نتبع الآتي :

1. **نقرأ على مسطرة القياس (التقسيم الرئيس العلوي) الذي يمثل عدد الميليمترات الصحيحة (7 mm).**
2. **نقرأ على مسطرة القياس (التقسيم الرئيس السفلي) الذي يمثل أنصاف الميليمترات (في حالة ظهوره) ومنه نحصل على (0.5 mm).**
3. **نقرأ قيمة الجزء في الاسطوانة ذات التدريج الدائري (المخروط) والمتطابق مع الخط الموازي لمحور المايكروميتر على مسطرة القياس (المتكون من 50 جزءاً) والذي يعادل كل جزء منه (0.01 mm) لنحصل على (0.38 mm).**
4. **تُجمع القراءات الثلاث فيكون الناتج (7.88 mm = 0.38+ 0.5 +7).**

مثال 4-3 : احسب مقدار القراءة للمايكروميتر المبينة بالشكل (4-24).



الشكل(4-24) قراءة قياس مايكروميتر الأبعاد الخارجية

قراءة المسطرة بالتدريج العلوي (12 mm)

قراءة المسطرة بالتدريج السفلي في حالة ظهوره (أنصاف الميليمتر) (0.5 mm)

قراءة التدريج الدائري ستة عشر جزءاً 16 x 0.01 =0.16

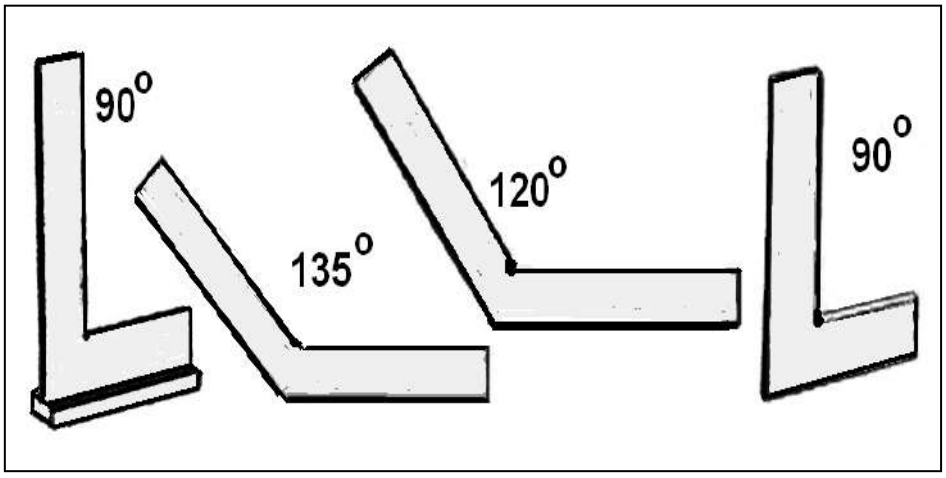
تُجمع القراءات 12 + 0.5 + 0.16 = 12.66 mm

ثالثا : أدوات قياس الزوايا (Angles Measuring Devices)

يعد قياس الزوايا من الإجراءات الضرورية في مجال السباكة لوجود السطوح المتعامدة والمائلة بزاوية في المسبوكات وعُدد القطع على حد سواء، ما يستوجب التأكد من القيم القياسية والمطلوبة بدقة تناسب نوع المشغولة أو عُدة القطع، وتتطلب عمليات السباكة (مقالبة، صناعة النماذج، صناعة الصناديق) تخطيط وقياس الزوايا المختلفة (الحادة - القائمة - المنفرجة) باستعمال زوايا ثابتة، وهي أدوات قياس ذات قيم ثابتة، يتم التحقق من قيم الزوايا بانطباقها تماما على السطوح المشغولة، أو باستعمال زوايا متحركة وهي أدوات قياس قابلة للضبط مزودة بمعايير مدرجة لتحديد قيم الزوايا المطلوب تخطيطها أو فحصها و ذات درجات دقة مختلفة تعطي قياسات الزوايا بالدرجات وأجزائها بحسب النظام الستيني، فضلاً عن أجهزة قياس تعتمد على العلاقات المثلثية في حساب الزوايا، فيما يأتي الزوايا شائعة الاستعمال :-

1- الزوايا المستوية (Flat Angles) : تُصنع الزوايا الثابتة بشكل ألواح مستطيلة من الصلب متوسط الصلادة الذي لا يصدأ ، الجزء العلوي والذي يسمى بالوجه , مقطعه مستطيل ذو سمك رقيق أو مشطوف ليُساعد على وضوح الرؤية أثناء استعمالها لاختبار استواء المسبوكات واختبار السطوح الداخلية للقالب، وتنحصر الزوايا الثابتة بين جانبي اللوحين كما في الشكل (4-25)، وأنواع الزاوية كما يأتي :-

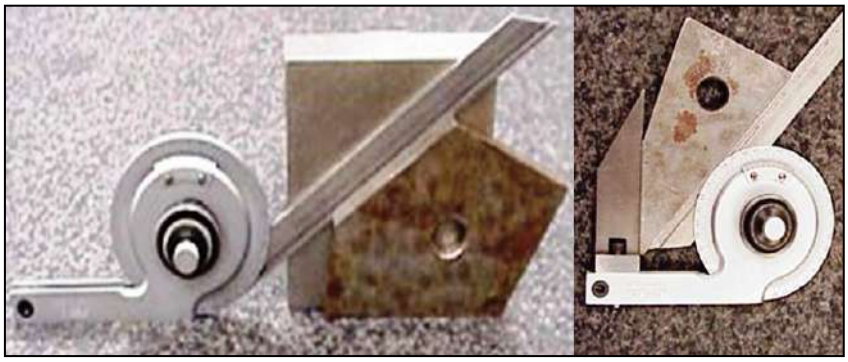
1. **زاوية قائمة (90^o) وهي الأكثر انتشاراً .**
2. **زاوية منفرجة (120^o) لاستعمالها أثناء مراجعة المسبوكات المسدسة.**
3. **زاوية منفرجة (135^o) لاستعمالها أثناء مراجعة المسبوكات المثمنة.**



الشكل(4-25) الزوايا الثابتة

وتوجد الزوايا الثابتة الحادة الزاوية (30^o, 45^o, 60^o) وهي أقل انتشاراً، كما توجد الزاوية القائمة ذات القاعدة والتي تماثل الزاوية القائمة السابق ذكرها بإضافة قاعدة على شكل جناحين لارتكازها على منضدة الاستواء بشكل رأسي، عند استعمالها لرسم الخطوط العمودية أو لتخطيط المشغولات أو لاختبار ومراجعة تعامدها.

2- الزوايا المتحركة (Moving Angles) : تتكون تلك المقاييس من جزأين أو أكثر، المسطرة الثابتة التي تحمل المنقلة والمسطرة المتحركة التي تنزلق على مجاري انزلاق. تثبت المسطرة المتحركة بمسمار لولبي عند إتمام عملية القياس، وتعد المنقلة الجزء الأساس بجميع أشكال الزوايا المتحركة لتحديد قيمة الزوايا أثناء تخطيطها أو مراجعتها، ويبين الشكل (4- 26) طريقة قياس الزوايا المنفرجة والحادة.



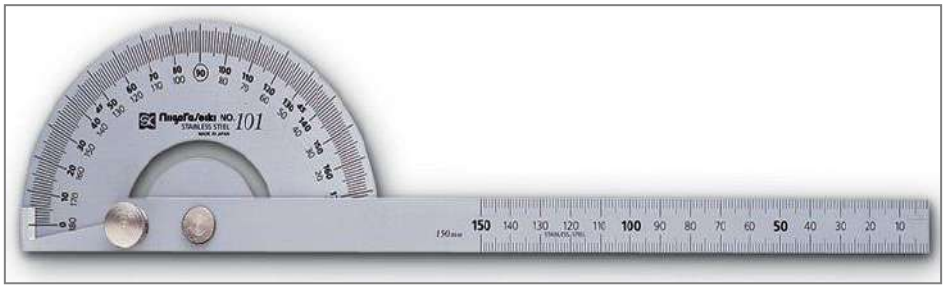
الشكل(4-26) استعمال أدوات قياس الزوايا

صممت الزوايا المتحركة بأشكال عدة ، وفيما يأتي أنواع الزوايا المتحركة :-

1. الزاوية المتحركة البسيطة (Simple Moving Angle) : أداة بسيطة لضبط ورسم أي زاوية، بخلاف الزاوية القائمة، إذ تعتمد على نقل الزوايا من القطع الأصلية إلى الأجزاء المطلوب اختبارها أو تخطيطها، تتكون الزاوية المتحركة البسيطة من ثلاثة أجزاء : المسطرة الثابتة وتمثل قاعدة الزاوية فيها أخدود طولي ، والمسطرة المتحركة التي تثبت مع المسطرة الثابتة بوساطة لولب ضبط .

2. المنقلة البسيطة (Simple Protractor) : أداة قياس على شكل نصف دائرة ، وهي مقسمة على (180^o) تتكون من المسطرة الثابتة التي توجد بقاعدة المنقلة، والمسطرة المتحركة وتثبت على المسطرة الثابتة بوساطة لولب ضبط، وقوس المنقلة المدرج ويوجد بنهاية المسطرة المتحركة المؤشر الذي يُحدد قيمة الزوايا بالدرجات، الشكل(4-27)، تُستعمل

المنقلة البسيطة للتخطيط ولاختبار ومراجعة زوايا المسبوكات غير الدقيقة ، إذ توضع المسطرة الثابتة على قطعة السبك المطلوب مراجعة قياسها أو تخطيطها ، وبتحريك المسطرة المتحركة لتتطابق مع المسبوكة يتم تحديد قيمة الزوايا بالدرجات . تصل دقة قراءة المنقلة إلى درجة واحدة .



الشكل(4-27) المنقلة البسيطة

3. المنقلة البسيطة ذات الورنية Simple Vernier Protractor : تتكون المنقلة البسيطة ذات الورنية كما المنقلة البسيطة باختلاف إضافة ورنية لتصل دقة قياسها إلى ثلث درجة (20 دقيقة)، (الدرجة تساوي ستون دقيقة)، إذ يوجد التدريج الرئيسي بالدرجات على المنقلة وكل قسم يساوي 2^o تكتب الأرقام كل 10^o، أما التدريج الثانوي على الورنية، فيقابل مسافة 10^o من التقسيم الأساسي وقسمت على 6 أقسام متساوية وتحسب دقة الورنية كالآتي

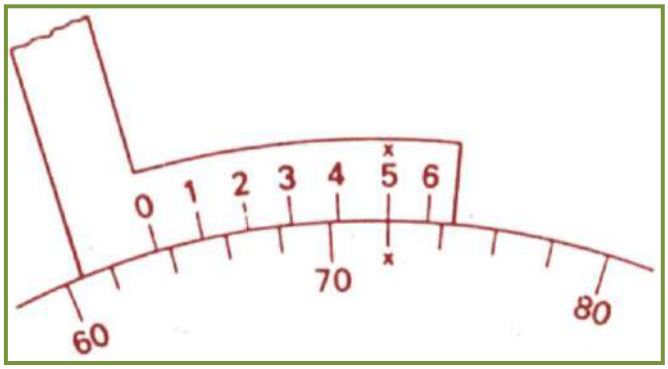
$$10^\circ \div 6 = 1\frac{2}{3}^\circ$$

ولكون القسم الواحد من التدريج الأساس يعادل 2^o ويكافئ قسم واحد من التقسيم الثانوي أي أن الدقة ستكون الفرق بين التدريج الأساس والثانوي:-

$$2^\circ - 1\frac{2}{3}^\circ = \frac{1}{3}^\circ, \quad (20`)$$

ويبين الشكل (4-28) مثالاً على قراءة المنقلة إذ يشير صفر الورنية الى قراءة الدرجات على المنقلة أكبر من 62^o وأقل 63^o ، لذلك تكون الدرجات الصحيحة 62^o يضاف اليها جزء من

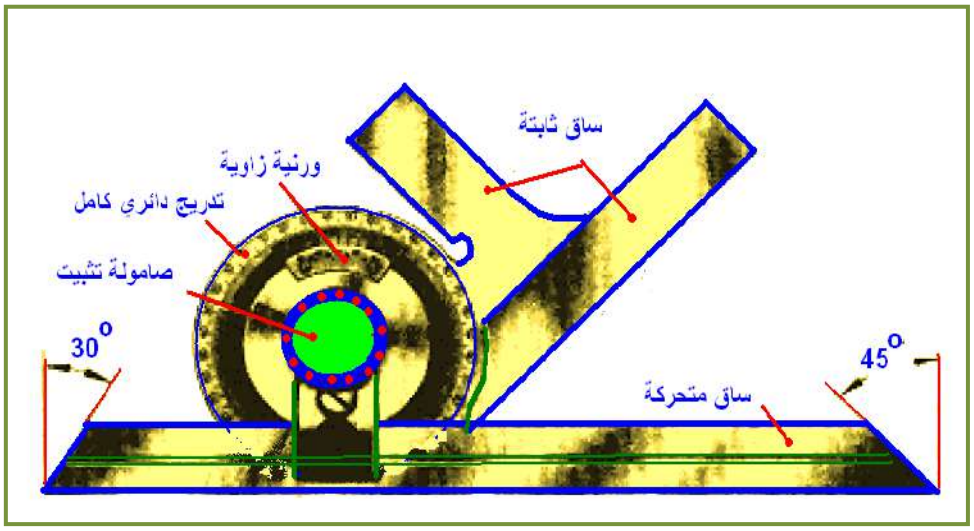
الدرجة الذي يشير اليه التدريج المساعد بالورنية (5 أقسام)، `100=`2 x 5 ، والمائة دقيقة تعادل `40 $^{o}$1 لتصبح القراءة الكلية `40 ^{o}63 .



الشكل(4-28) قراءة المنقلة ذات الورنية البسيطة

4. المنقلة ذات الورنية الشاملة (Universal Vernier Protractor):

هي أحدى الأشكال المتطورة للمنقلة اليسيرة وتتكون من الساق المتحركة وساقين ثابتتين وتدريج دائري كامل مع تدريج الورنية على جانبي خط الصفر يضم كل تدريج (12) قسماً وصامولة تثبيت، الشكل (4-29)، وتبلغ دقة المنقلة `5 (جزءاً من اثنتي عشرة جزءاً من الدرجة)، أما الساق المتحركة فهي قابلة للحركة طولياً ذات طرفين بزوايا قياسية (30^{o}, 45^{o})، وتحسب الدرجات من الصفر أو من (90^{o}) حسبما يتم الضبط، باتجاه صفر الورنية ثم الاتجاه نحو الأسفل على الورنية بنفس الاتجاه لحين إيجاد التقابل بين التدريجين لتؤخذ منه قراءة الدقائق، وتزود قسم من المناقل بعدسة مكبرة لتسهيل القراءة الدقيقة والتي تعوض أحيانا عن الورنية.



الشكل(4-29) المنقلة ذات الورنية الشاملة

أُخذت مسافة قدرها (23^o) من التقسيم الأساسي من كلا الجهتين اليمنى واليسرى بالمنقلة الدائرية وقسمت الى (12) قسماً متساوياً على الورنية من كلا الجهتين ، بحيث ينطبق صفر التدريج الرئيس بالمنقلة الدائرية مع صفر التدريج الثانوي للورنية بذلك يكون مقدار القسم الواحد بالورنية :

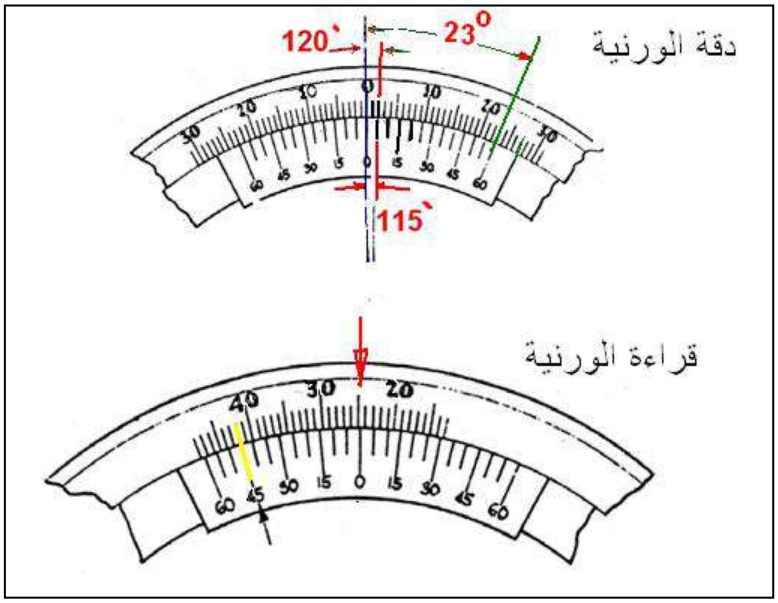
$$23^\circ \div 12 = 1^\circ \frac{11}{12} \quad , \quad (60` \times 1^\circ \frac{11}{12} = 115`)$$

وكل قسمين من التقسيم الرئيسي بالمنقلة يساوي (2^o) ويكافئ قسم واحد من التقسيم المساعد بالورنية المنزلقة، وهذا يعني أن الفرق بين قيمة قسمين من التقسيم الرئيس وقسم واحد من التقسيم المساعد بالورنية :

$$2^\circ - 1\frac{11}{12}^\circ = \frac{1}{12}^\circ \quad , \quad (\frac{1}{12}^\circ \times 60 = 5`) \qquad \text{وهي دقة الورنية}$$

ويرقم كل خط ثالث في التدريجات وابتداءاً من الصفر بخطوة مقدارها 5 دقائق، لتسهيل القراءة.

ويوضح الشكل (4-30) دقة الورنية ومثالاً على قراءة قيمة لزاوية مقدارها (25^o 45`).



الشكل(4-30) ورنية منقلة بدقة 5 دقيقة.

4 – 3 عُدد ومعدات المقالبة الرملية في ورش السباكة

هناك العديد من العدد المستعملة في ورش السباكة وسيقتصر الكلام على العدد الشائعة الاستعمال لعمل المشغولات في الورش والمسابك الصغيرة، حيث يحتاج السباك لأنواع عدة من الأدوات والعُدد اليدوية التي تستعمل في كبس الرمل وتصليح ما يتهدم من القالب الرملي وكذلك صقل وتنعيم سطحه ومعظم هذه العُدد مصنوعة من الصلب أو النحاس.

1. المدكات : تستعمل المدكات في كبس الرمل في صناديق المقالبة أو في أرضية المسبك وهي على أشكال وأحجام مختلفة الشكل(4-31) يبين أنواعاً من المدكات المستعملة :

أ- مدكات تستعمل في كبس الرمل للمشغولات التي تدك على لوحة المقالبة.

ب- مدكات ذات رؤوس من حديد الزهر ومثبتة في مقبض خشبي وهذا النوع يستعمل في كبس الرمل الذي يوضع في أرضية المسبك.

ج- مدكات آلية تتحرك حركة ترددية بالهواء المضغوط ، وتستعمل في كبس الرمل داخل صناديق المقالبة الكبيرة والغرض من استعمالها توفير الوقت والمجهود الكبير الذي يبذل في استعمال المدكات العادية.

الشكل(4-31) المدكات

2. المنفاخ : يستعمل السباك المنفاخ للتخلص من الرمل السائب في تجويف القالب ويوضح شكل (4-32) منفاخاً يدوياً ويمكن الحصول على المنفاخ بمقاسات:(325)،(250)،(300)، (350) ملم ويعد قياس (250) ملم كبيراً بدرجة تكفي للاستعمال العام .

الشكل(4-32) يبين عمل المنفاخ اليدوي

3. مناخل الرمل: يستعمل السباك المنخل الموضح في شكل (الشكل 4-33 الصورة1) لإزالة الأشياء الغريبة من الرمل، حتى يتسنى الوقت الكافي لجعل طبقة الرمل الملاصقة لوجه النموذج ناعماً. وتُصنع المناخل من نسيج من أسلاك النحاس الأصفر أو الحديد. ويعطي قياس المنخل بقطره (أي عدد الفتحات في الانج المربع) بالميليمترات وعرض الفتحة بالميليمتر وتكون الغرابيل بأحجام وأشكال مختلفة. كما أن منها ما هو يدوي ومنها ما هو ميكانيكي .

4. روافع النموذج: تستعمل شُوك لرفع أو سحب النموذج من القالب وهي أما عادية كما هو موضح في شكل(الشكل 4-33 الصورة2) أو على شكل بريمة أي (ملوية). ويصنع على الدوام باستعمال هذه الشُوك أو روافع النموذج لفائدتها العملية.

5. كيس التغبير: يوضح في شكل(الشكل 4-33 الصورة3) كيس التغبير الذي يستعمله السباك فيضع فيه مسحوقاً أو مركب الانفصال الذي يُغبر به وجه القالب وقد تُجهز أكياس التغبير لمواد الوجه الناعمة والخشنة وتصنيع الأكياس الدقيقة الفتحات أي ثقوب من القماش القطني الرفيع أما الأكياس ذات الفتحات الكبيرة فتصنع من القماش الخشن أو أي قماش بنسيج مفتوح.

6. فرش الترطيب: تستعمل الفرشاة في ترطيب أطراف تجويف القالب قبل اخراج النموذج تجنباً لانهيار الرمل (الشكل 4-33 الصورة4).

الشكل(4-33) عُدد المقالبة الرملية في ورش السباكة

7. افرش التنظيف : يَستعمل السباك فرشاة لتنظيف النماذج والمسبوكات فُرشاة شعر ناعم وتستعمل في تنظيف النماذج الشكل (4-34).

8. عُدد قطع المجرى والمصب: تُستعمل هذه العُدد لقطع مجرى في الرمل ليصل المعدن إلى فراغ القالب. ويوضح الشكل الشكل(4-34) عُدة قطع المجرى.

9. الموالج والملاعق (الاسبتيولات) وأدوات الرفع: تستعمل (الموالج) وملاعق التصليح في تنعيم الترميمات التي تُجرى بعد رفع النموذج ويوضح الشكل(4-34) الموالج التي تستعمل خصيصاً في تنعيم وترميم الأسطح الكبيرة بينما تستعمل ملاعق التصليح (أسبتيولات) في تنعيم المجاري والكسور الصغيرة . أما أدوات الرفع فتستعمل خصيصاً لرفع دقائق الرمل من التجاويف الضيقة والعميقة وفي الترميمات الصغيرة.

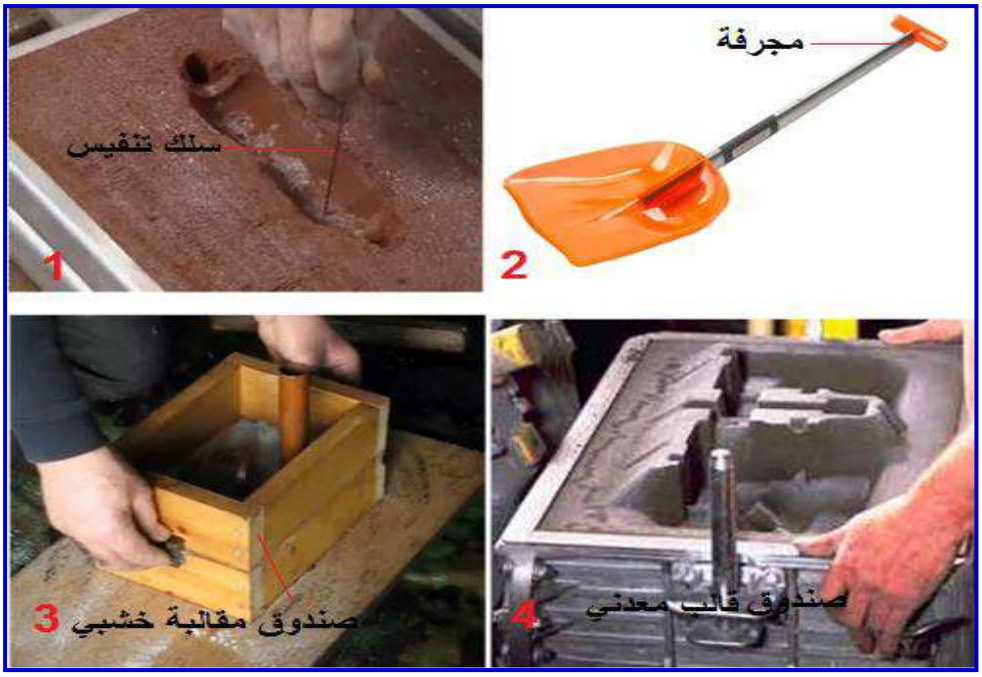
10. أسلاك التنفيس: تستعمل لتكوين قنوات خروج الغازات من القالب ومن اللب، ويمكن أن تكون مستقيمة أو منحنية.

الشكل(4-34) ادوات الصقل والتنعيم

11. المجارف: تُستعمل لنثر وتوزيع الرمل في مكان حفظ الرمل .

12. صناديق المقالبة: تُصنع صناديق المقالبة من الخشب الشكل (4-35 الصورة 4). كذلك تُصنع من حديد الزهر أو من الألومنيوم وهذه الصناديق تكون مفتوحة من أعلى ومن أسفل ويتم تثبيت الصندوقين العلوي cope والسفلي drag بحيث يأخذان وضعاً ثابتاً لا يتغير بالنسبة لبعضها كما هو موضح بالشكل.

13. المطارق الخشبية: تستعمل لخلخلة النموذج من أجل سهولة إخراجه من القالب، ولخلخلة القلب لإخراجه من الصندوق.



الشكل(4-35) ادوات المقالبة الرملية

14. ماكينة خلط الرمل: يحضر الرمل في أغلب المسابك بطرق ميكانيكية، ويمكن الحصول على درجة عالية من المسامية للرمل الناعم الطبيعي بخلطه برمل ذي حبيبات أخشن وتضاف المادة الرابطة للحصول على بعض الخواص الملائمة لمجال استعمال هذه المخاليط الرملية. يبين الشكل (4-36) ماكينة خلط الرمل.

الشكل (4-36) ماكينة خلط الرمل

4 - 4 مُعدات رفع البوادق ونقل المعدن المصهور

نقل المعادن المصهورة يشمل عمليات عدة من لحظة سحب المصهور من الفرن حتى صبهُ في قوالب الصب، وفي بعض الأحيان يُصب المعدن المصهور مباشرة من الفرن إلى قالب الصب دون نقله إلى مغرفة الصب. في بعض الأحيان ينقل المعدن المصهور بمغرفة الصب من فرن الصهر إلى فرن حفظ كبير ثم تنقل كميات صغيرة بعد ذلك إلى قوالب الصب، مما يوفر مرونة كبيرة في استعمال الأفران . وهنا يجب مراعاة احتياطات الأمان ، من المهم نقل المعادن المصهورة بعناية وحذر لأنه إلى جانب مخاطر نقل المعادن المصهورة والتي تتراوح درجة انصهارها من (650) درجة مئوية للألمنيوم إلى (1650)درجة مئوية للصلب فالمعادن المنصهرة تمتص غازات وملوثات غير معدنية بسهولة. يجب صب المعدن بحذر للحماية من التلوث ويجب نقلها في أوعية جافة نظيفة، والمسافة التي يتحركها المعدن المصهور في الهواء أثناء الصب يجب أن تكون أقصر ما يمكن نظراً لأن المعدن في هذا الوقت حساس لامتصاص الغازات، وهناك أنواع عدة من المعدات التي تستعمل في مناولة المعادن المصهورة ، كما موضح في الشكل (4-37) المغارف.

الشكل(4-37) المغارف

1. البوادق (Crucibles):

تستعمل البوادق لصهر وحمل المعدن أثناء تحويله إلى حالة الانصهار، تُصنع البوادق من مخلوط الكرافيت الأسود ونوع خاص من الطين الحراري، تُصنع بتسلسل من (0 - 10) حيث تستوعب البودقة رقم (10) وزن 15 كغم من النحاس الأصفر و تصنع بتسلسل من (11 - 20) تحمل البودقة رقم (20) حوالي 30 كغم من النحاس الأصفر. وهناك بوادق معدنية سميكة تستعمل لصهر المعادن اللاحديدية الخفيفة.

الشروط الواجب مراعاتها عند استعمال البوادق:

1. **يمكن استعمال البودقة لأكثر من(30) صهرة، أذا ما تم نقلها وحفظها بعناية.**
2. **أن أهم عامل في المحافظة على البودقة هو معالجتها حرارياً لأيام عدة تحت درجة حرارة ($150C^0$)، ومن المعلوم ان جميع البوادق تعالج حرارياً عند انتاجها، ولكن عند نقلها لأماكن بعيدة فأنها تمتص قدراً من الرطوبة والتي يجب أزالتها بصورة تدريجية تجنباً لتشققها عند أول صهرة.**
3. **عند استعمال البوادق الكبيرة يفضل بعد تحميصها تدريجياً قلبها على فوهتها فوق نار خفيفة لمدة (6) أو (8) ساعات.**
4. **تتأثر البودقة بنوع المعدن المستعمل، فمثلاً البودقة التي تتحمل ثلاث صهرات لصهر النيكل يمكن أن تتحمل ست صهرات عند صهر الصلب، و (25) صهرة من النحاس، و(400) صهرة من السبائك الطرية.**
5. **يجب تسخينها إلى(130) درجة مئوية لبضع ساعات لغرض تجفيفها لأن البودقة الرطبة تتهشم عند وضعها في الفرن الساخن.**
6. **عدم تركها في الفرن عندما يجهز المعدن للصب.**
7. **عدم ترك أي معدن في البودقة ليبرد، بل يجب أن يفرغ في قالب أو فجوة في الرمل.**
8. **يجب ترك البودقة لتبرد ببطء ، لتجنب التشقق الناتج عن التبريد السريع.**

الشكل(4-38) البوادق

2. أفران صهر المعادن:

أنواع الأفران المستعملة في عملية صهر المعادن

1- أفران البوادق (Crucible Furnaces) : تُقسم هذه الأفران إلى قسمين:

أ. الفرن الثابت: وفيه يجب نقل البودقة بعيداً عنه لإجراء عملية الصب وهو على أنواع (فرن بودقة الفحم- فرن الوقود الثابت الذي يعمل بوقود سائل).

ب. الفرن المتحرك : وفيه تثبت البودقة ويمال الفرن بتحريكه لإجراء الصب.

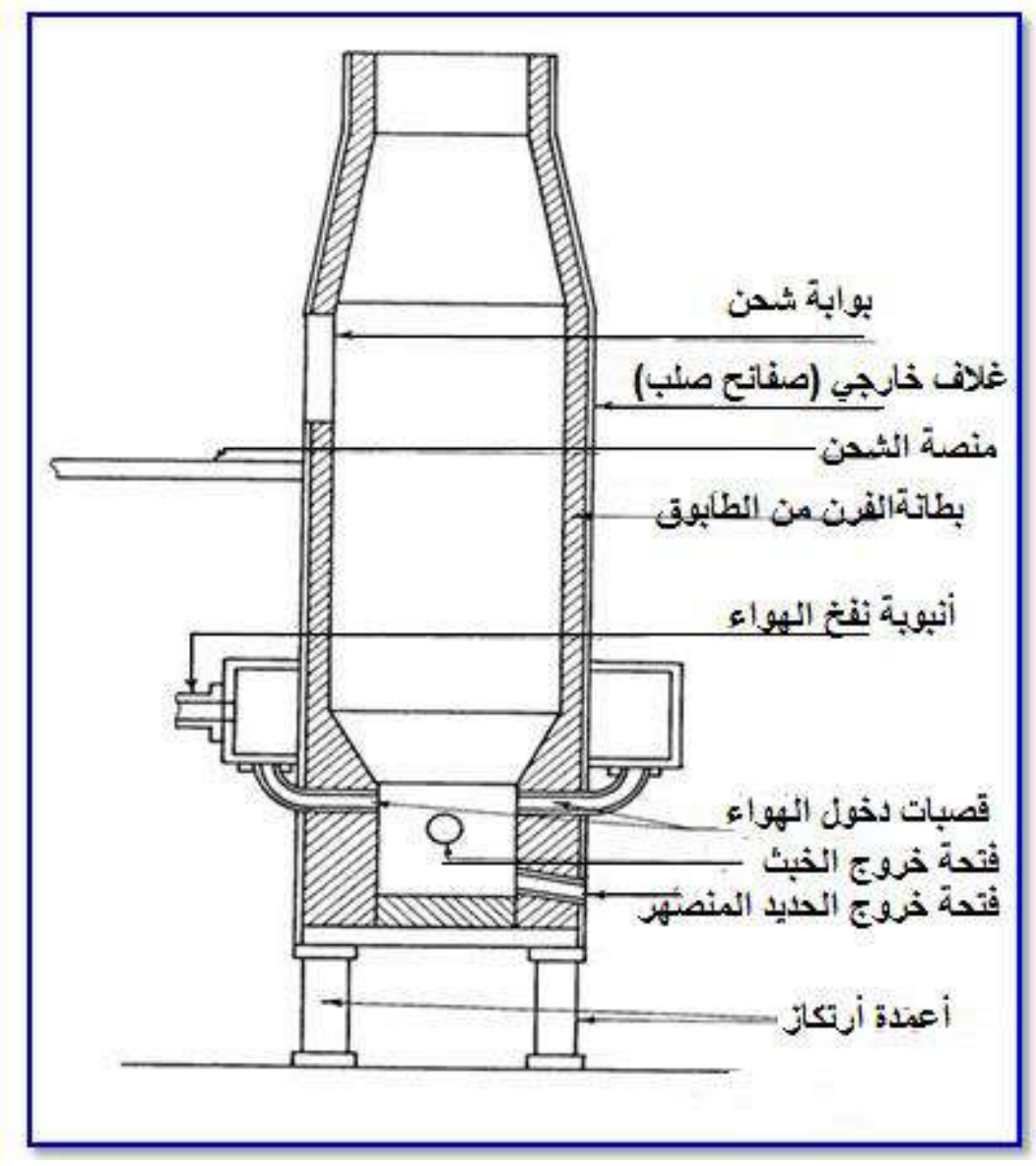
مع التطور التقني صُنعت أنواع ذات مواصفات تكنولوجية متقدمة أُعتبرت صديقة للبيئة، اقتصادية تُستعمل لصهر المواد اللاحديدية . وهذه الأنواع مبينة في الشكل (4-39).

الشكل (4-39) أفران البودقة

2- فرن الدست (Cupola) :

فرن الدست الشكل(4-40) هو أقدم أنواع أفران صهر المعادن على الاطلاق التي لا يمكن الاستغناء عنها في المسابك بوجه عام ويستعمل لصهر حديد الزهر المستعمل لأغراض السباكة. يتكون فرن الدست من اسطوانة مبطنة بالطابوق الحراري يتراوح ارتفاعها (12 m - 7) مرتكزة على قاعدة فيها فتحة لإدخال الفحم و فتحتين أحدهما لإخراج المعدن المنصهر و الاخرى لإزالة الخبث و تحتوي شحنة الفرن على المعدن المراد صهره بالإضافة إلى فحم الكوك (16% - 8%) و الحجر الجيري. تكون شحنة الفرن على شكل طبقات حيث تستقر طبقة الكوك في الاسفل ثم طبقة المعدن ثم الحجر الجيري من الاعلى و يستعمل الهواء الذي يُضخ من أسفل الفرن في اشعال الكوك و تُستعمل الحرارة المتولدة من احتراق فحم الكوك في صهر المعدن . بينما يستعمل الحجر الجيري ليتفاعل مع الشوائب الموجودة في

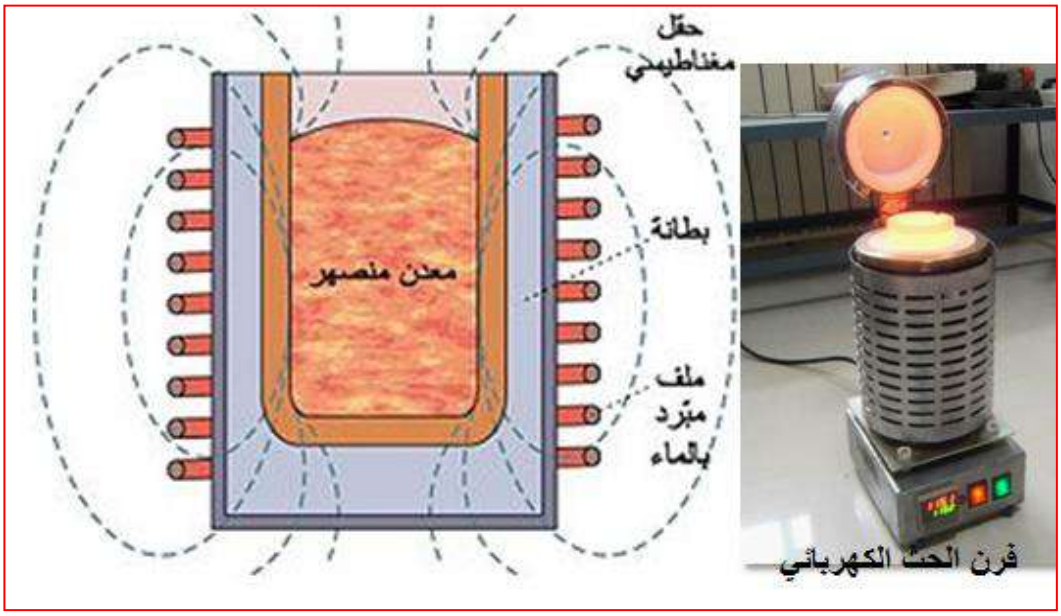
المعدن مكوناً خبث يطفو على سطح المعدن بعد اتمام عمليه الصهر ويمكن إزالته. كما تساعد تلك الطبقة من الخبث على حماية المعدن من الاكسدة. يعد فرن الدست من أكثر الافران تلويثاً للبيئة حيث ينبعث منه غازي أول أوكسيد الكربون وثاني أوكسيد الكبريت، و للتغلب على ذلك فأن أفران الدست تكون عادة مجهزة بأنظمة تحكم في العادم لتحبس تلك الانبعاثات و تمريرها على خزانات من المياه لتنقية العادم أو عن طريق مرشحات.



الشكل(4-40) مقطع في فرن الدست

3- أفران الحث الكهربائي (Induction Furnace) :

يتكون فرن الحث الكهربائي من بودقة اسطوانية الشكل مصنوعة من المواد الحرارية المضغوطة او من حديد الصب او من الفولاذ (لصهر المعادن غير الحديدية) مزودة عند حافتها الأمامية بقناة للصب كما في الشكل(4-41) . تلتف حول البودقة شبكة كهربائية مصنوعة من أنابيب النحاس يمر فيها تيار مائي لتبريدها اثناء العمل . توصل الشبكة الى تيار كهربائي عالي التردد، فيصبح الفرن محولة كهربائية ملفها الأولي الشبكة وملفها الثانوي الشحنة المعدنية داخل البودقة او البودقة نفسها اذا كانت من الحديد او الفولاذ . فيتكون في الملف الثانوي تيار كهربائي عالي الشدة يؤدي الى تسخين الشحنة وصهرها. غالباً ما يكون الفرن محمولاً من منتصفه على قاعدتين جانبيتين بحيث يمكن تدويره الى الامام لتفريغه بعد انتهاء الصهر.

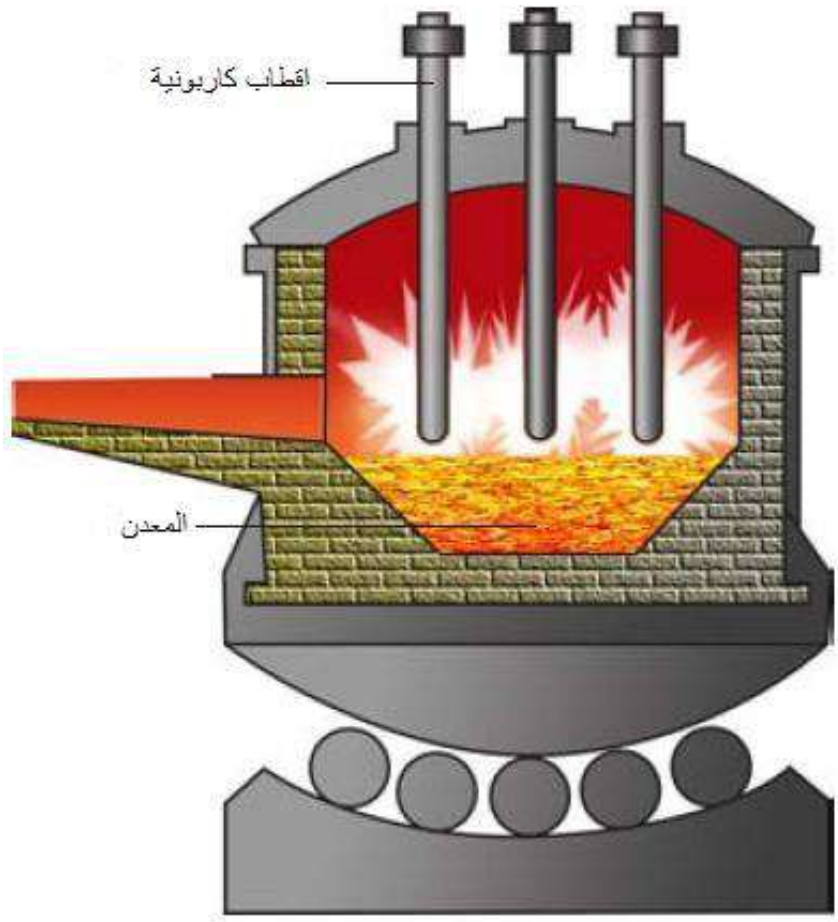


الشكل(4-41) فرن الحث الكهربائي

4- أفران القوس الكهربائي:

يتكون فرن القوس الكهربائي من جسم أسطواني وقاعدة مقعرة وسقف محدب قابل للرفع والإزاحة كما في الشكل (4- 42) يتدلى من سقف الفرن ثلاث الكترودات (ونادراً الكترودين) من الكرافيت الصلب قابلة للتحرك الى الأعلى والأسفل . بعد دفع الشحنة بالفرن يوصل التيار الكهربائي الى الألكترودات وتحرك لتصبح على مسافة من سطح الشحنة المعدنية تسمح بتفريغ التيار الكهربائي وتكوين قوس كهربائي بين كل من الألكترودات

والشحنة المعدنية وتؤدي الحرارة الناتجة من القوس الكهربائي وسريان التيار في الشحنة المعدنية إلى صهرها. يُستند الفرن إلى قاعدة تسمح بإمالته إلى الأمام لتفريغ المعدن المنصهر، أما تغذيته بالمعدن الصلب فيتم أما من الأعلى بعد إزاحة السقف أو من فتحة جانبية. يُستعمل فرن القوس الكهربائي أساساً لصهر سبائك النحاس.



الشكل (4-42) فرن القوس الكهربائي

5- فرن المجمرة المكشوفة:

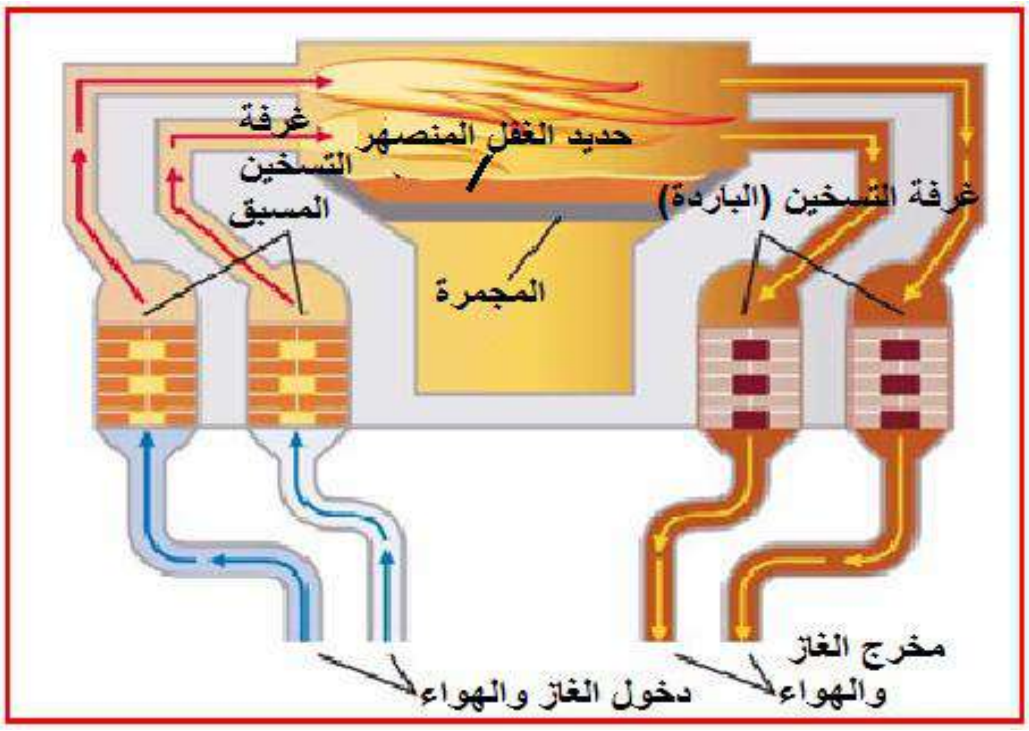
أفران المجمرة المكشوفة شكل (4-43) ، يستعملها عدد قليل من المسابك الكبرى، معدل الصهر بطيئاً في هذه الأفران ويعتمد على سعة الفرن ويصهر من(10-200)طن في المرة الواحدة، يُشحن الفرن بالخردة وحديد الزهر الخام والمواد المساعدة على تكون الخبث مثل الحجر الجيري والرمل من الباب الجانبي بدافعات شحن كبيرة ويتم التسخين بالزيت أو الغاز، حيث تشغل المشاعل بالتبادل كل 20 دقيقة من الجانبين المتقابلين. يُسخن الهواء اللازم

لإشعال الزيت أو الغاز بتمريره فوق الطابوق، يتم تسخين الطابوق الحراري بتمرير الغازات الساخنة من الفرن مع فترة توقف المشاعل ، وتُعرف هذه العملية استرجاع الحرارة وتسخين الهواء اللازم لاحتراق الوقود . تُستعمل هذه الأفران لصهر الصب إلا أنها يمكن استعمالها لصهر الألمنيوم والنحاس وسبائكهما.

أجزاء فرن المجمرة المكشوفة :

1- دخول الغاز والهواء. 2-غرفة التسخين المسبق. 3 - حديد الغفل المنصهر. 4- المجمرة.

5-غرفة التسخين (باردة). 6- مخرج الغاز والهواء.



الشكل (4-43) فرن المجمرة المكشوفة

3- تعريفات عامة عن الحرارة ووسائل قياسها

General Definitions Of Temperature & its Measurement Procedures

انتقال الحرارة (Heat Transfer) : هي عملية انتقال الحرارة بين جسمين نتيجة للفرق في درجتي حرارتهما.

كمية الحرارة (Heat Quantity): تعبر كمية الحرارة عن الطاقة الحرارية التي تفقدها أو تكتسبها المادة. تقاس كمية الحرارة بوحدة (الجول joule).

معامل التمدد الطولي : هو التغير بوحدة الطول من جسم صلب عند تغير درجة حرارته درجة واحدة.

درجة الحرارة (Temperature Degree) : أن درجة حرارة جسم هي خاصية من خصائصه وهي مؤشر لسخونة أو برودة ذلك الجسم.

العوامل التي تتوقف عليها كمية الحرارة:

1. **زمن التسخين (حيث يُعد الزمن مقياساً لكمية الحرارة المُعطاة).**
2. **نوع المادة.**
3. **كتلة المادة.**
4. **درجة الحرارة المراد رفع درجة حرارة المادة إليها.**

الحرارة النوعية (Specific Heat) :

هي كمية الحرارة اللازمة لرفع درجه حرارة 1 كيلو غرام من المادة بمقدار درجة واحدة. ويرمز لها بالرمز (c) ووحداتها في النظام الدولي هي (جول/كيلو غرام / كلفن).

السعة الحرارية (Heat capacity) : هي كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة المادة درجة حرارية واحدة.

الحرارة المحسوسة (Sensible heat): هي كمية الحرارة التي تحدث فرقاً في درجة حرارة المادة وهي مصطلح وضع للتمييز بينها وبين الحرارة الكامنة وهي كمية الحرارة التي لا تظهر فرقاً في درجة حرارة المادة وتستهلك في فترة تغير طور المادة، فكل حرارة تحدث تغييراً في درجة حرارة المادة فهي حرارة محسوسة.

الحرارة الكامنة (Latent heat) : هي كمية الحرارة اللازمة لتغيير حالة المادة من حالة إلى أخرى دون تغيير في درجة الحرارة. فعند تحول المادة من الحالة الصلبة إلى الحالة السائلة، تسمى الحرارة بالحرارة الكامنة للانصهار، وعند تحول المادة من الحالة السائلة إلى الحالة الصلبة تُسمى بالحرارة الكامنة للتجمد، و في حالة تحول المادة من الحالة السائلة إلى الحالة الغازية تسمى بالحرارة الكامنة للتصعيد.

حرارة الانصهار (Melting Heat) : الانصهار هو عملية تؤدي إلى تغير الطور لمادة ما من الطور الصلب إلى الطور السائل . تزداد الطاقة الداخلية للطور الصلب (عادة من جراء تطبيق الحرارة) إلى درجة حرارة معينة (تسمى نقطة الانصهار) والتي يتحول عندها إلى الطور السائل. ويسمى الجسم الذي أنصهر تمامًا بالمُنصهر. ويحدث الانصهار عند درجة الحرارة التي يتواجد عندها الطور الصلب والسائل للمادة النقية في حالة توازن. عند الوصول

إلى نقطة الانصهار سيؤدي المزيد من الحرارة إلى تُحول الجسم الصلب تدريجياً إلى سائل بدون تغير في درجة الحرارة، درجة الانصهار وحرارة الانصهار هما خاصيتان من خواص المادة، عند تعيين هوية المادة يتم اللجوء إلى درجة حرارة الانصهار الجدول(4-6) يبين درجة انصهار بعض المعادن.

المعدن	رمزه	درجة انصهاره (مئوية)	المعدن	رمزه	درجة انصهاره(مئوية)
الألمنيوم	Al	660	الرصاص	pb	327
الأنتيمون	Sb	630	المغنسيوم	Mg	659
البيزموت	Bi	269	المنغنيز	Mn	1242
الكالسيوم	Ca	851	النيكل	Ni	1455
الفحم	C	3500	البلاتين	Pt	1774
الكروم	Cr	1830	السيلسيوم	Si	1415
النحاس	Cu	1083	الفضة	Ag	961
الذهب	Au	1063	القصدير	Sn	232
الحديد النقي	Fe	1540	الزنك	Zn	420

الجدول(4-6) درجة الانصهار لبعض المعادن

أجهزة قياس درجة حرارة المعدن المنصهر (Pyrometers):

يجري قياس درجة الحرارة بأجهزة تسمى (البايرومترات) وتقسم إلى ما يأتي:

1. **بايرومترات ذات مزدوج حراري.**
2. **بايرومترات المقاومة الكهربائية.**
3. **بايرومترات ضوئية.**
4. **بايرومترات الإشعاع.**
5. **- مخاريط سيكر.**

يستعمل في المسابك أنواع عدة من أجهزة قياس درجة حرارة المعدن المنصهر، بعض المسابك تستعمل مزدوجات (الرنيوم التنكستن) لقياس درجة حرارة المعدن المنصهر من خلال غمرها بأفران الصهر، كذلك تستعمل أجهزة استشعار عن بعد بالأشعة تحت الحمراء . في بعض المسابك الكبيرة تُزود الأفران بمقاييس درجة الحرارة تعرف بمخاريط سيكر يمكن بواسطتها قياس درجات الحرارة المرتفعة والتي تصل 2000 درجة مئوية تقريباً وتعتمد هذه الطريقة على مخاريط عددها ثلاثة ذات ثلاث أوجه مصنوعة من مواد خاصة مكونة من أكاسيد السيليكون وأكاسيد الألمنيوم وأكاسيد الكالسيوم بنسب تتوقف على نقطة الانصهار المطلوبة، وعند قياس درجة الحرارة تستعمل هذه المخاريط التي قد يصل عددها إلى 60 مخروط كل واحد منها له مقاومة للحرارة تزيد بمقدار من (20-30 درجة مئوية) عن الذي يسبقه ولقياس درجة الحرارة يوضع بالفرن ثلاثة مخاريط يمثلون درجة حرارة مختلفة، فنجد أن المخروط الأول تشوه تماماً بينما الأخير لم يتأثر والذي في الوسط قد بدأ يتأثر فتحسب درجة حرارة الانصهار المقابلة لدرجة انصهار المخروط الوسط . الشكل (4 - 44) يوضح بعض أجهزة قياس درجة حرارة المعادن المنصهرة.

الشكل (4- 44) أجهزة قياس درجة حرارة المعدن المنصهر

5-4 ماكينات ومعدات المناولة الإنتاجية الحديثة

تُصنف ماكينات ومُعدات المناولة في معامل السباكة الإنتاجية الحديثة حسب طرق السباكة كالآتي :

1- ماكينات ومعدات المناولة في المسابك الرملية الإنتاجية .

2- ماكينات ومعدات المناولة في الطرق الأخرى للسباكة الإنتاجية .

1-5-4 الماكينات ومعدات المناولة في المسابك الرملية الإنتاجية

تُستعمل ماكينات السباكة في الإنتاج الكبير Mass Production للمسبوكات المتشابه ذات الدقة العالية والأعداد الكبيرة وهذا يؤدي الى الاستغناء عن العمال الذين يقومون بأعمال المناولة والمقالبة اليدوية في الطرق التقليدية.

ماكينات المقالبة (Moulding Machines)

يمكن تقسيم ماكينات المقالبة استناداً الى طبيعة عملها وكما يأتي :

1- ماكينات العصر (Squeezing Machines): يتم الدك عن طريق الضغط بطريقتين مختلفتين أ- الضغط من القمة . ب- الضغط من القاع.وكما موضح في الشكل (4-45).

الشكل (4- 45) ماكنة العصر

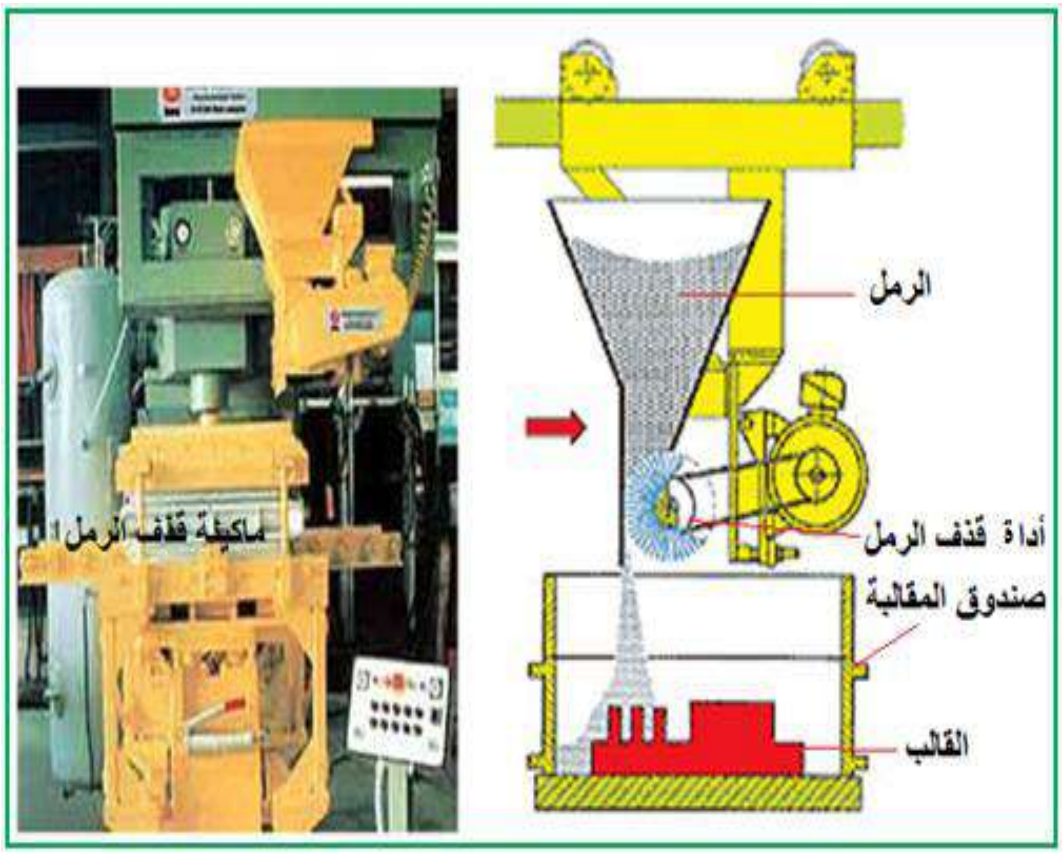
2. ماكينات الرج (الهز) (jolting Machines) : يُقصد بعملية الرج هز الرمل الموجود داخل الصندوق لكي تنتشر حبيباته انتشاراً منتظماً حول النموذج وداخل الصندوق بصورة عامة وهذه الماكنات تعمل بضغط الهواء وكما مبين في الشكل (4-46).

الشكل(4-46) ماكينات الرج(الهز)

3. ماكينات الرج والعصر (jolting and Squeezing Machines) :

للتغلب على سوء توزيع كثافة الرمل بعد عملية الرج تستعمل ماكينة تؤدي عمليتي الرج والضغط بصورة متتالية.

4.قاذفة الرمل (Sand Slinger): تستعمل هذه الماكينة لقذف الرمل بسرعة عالية لمناولة كمية كبيرة من رمال السباكة ودكها بكثافة متجانسة داخل الصناديق وكما مبين في الشكل (4-47) .



الشكل(4-47) قاذفة الرمل

5.ماكينات سحب النموذج (Pattern Drawing Machines) : من الخطوات الهامة في عمل القالب الرملي عملية سحب النموذج خارج القالب بعد التشكيل وبحذر بحيث لا يتكسر رمل القالب في هذه الماكنات يتم دك الرمل يدويا بينما يسحب النموذج ميكانيكيا .

معدات المناولة في المسابك الرملية الانتاجية

يوضح الشكل (4-48) صور مختلفة لبعض أقسام إحدى المسابك والروافع الميكانيكية التي تعمل أوتوماتيكياً مُعانة بجهاز الحاسوب.

شكل (4 –48) صور توضح بعض اقسام المسبك

2-5-4 ماكينات ومُعدات المناولة في الطرق الأخرى الإنتاجية:

يمكن تصنيف العُدد والأدوات ومُعدات المناولة المستعملة في الطرق الأخرى للسباكة الإنتاجية كما يأتي:

أولاً : ماكينات ومُعدات المناولة لطريقة السباكة بالضغط

ماكنة السباكة بالقوالب المعدنية (Die casting machine) :

هنالك نوعان من مكائن السباكة ذات المخزن البارد و ذات المخزن الساخن, ويمكن التمييز بينهما بالقوة التي يمكن لكل منها إنتاجها والتي تتراوح بين 400 إلى 4,000 طن.

1- ماكينات السباكة بالضغط ذات الغرفة الساخنة

(Hot Chamber Die Casting Machines)

تُزود ماكنات الخزان الساخن بحوض صهر لتغذية القالب, في البداية يتراجع المكبس إلى الوراء ليسمح للمعدن المصهور بالدخول إلى المضخة ثم إلى الرقبة وثانياً يزود المكبس بالقدرة من الغاز المضغوط أو من الزيت ليدفع المعدن المصهر خارج الرقبة عبر الفوهة وصولاً إلى التجويف الموجود في القالب, والذي يميز هذا النظام هو السرعة (15 دورة في الدقيقة) والتوافق السريع بين المعدن والقالب . والعيوب هو ارتفاع درجة حرارة الانصهار للمعدن لذلك تستعمل هذه المكائن بشكل رئيس في الزنك والقصدير وسبائك الرصاص . الشكل (49-4) يوضح ماكينات السباكة بالضغط ذات الغرف الساخنة.

الشكل(49-4) ماكينات السباكة بالضغط ذات الغرفة الساخنة

2- ماكينات السباكة بالضغط ذات الغرفة الباردة

: (Cold Chamber Die Casting Machines)

تستعمل ماكينات الخزان البارد عندما يتكون المسبوك من مواد لا تستطيع مكائن الخزان الساخن إنتاجها مثل سبائك الألمنيوم وسبائك المغنيسيوم والنحاس والزنك وهذا النوع من المكائن يعمل بمصهور المعادن، اولاً يُصهر المعدن في فرن منفصل ثم تُنقل كمية محدودة الى خزان الماكينة حيث يتم ادخال الشحنة إلى خزان القذف غير الساخن (اسطوانة الحقن) هذه الشحنة تدخل إلى القالب بوساطة مكبس ميكانيكي أو هيدروليكي . الشكل(4-50) يوضح ماكينات السباكة بالضغط ذات الغرف الباردة.

الشكل(4-50) ماكينات السباكة بالضغط ذات الغرفة الباردة

3- ماكينة السباكة بضغط الجاذبية (Gravity Die Casting Machine)

الشكل(4-51) يبين هذا النوع من المكائن حيث يتم ادخال الشحنة (المعدن السائل) إلى القالب تحت تأثير الجاذبية.

الشكل(4-51) ماكينة السباكة بضغط الجاذبية

4- ماكينات السباكة بالقوالب المعدنية المعانة بالحاسوب

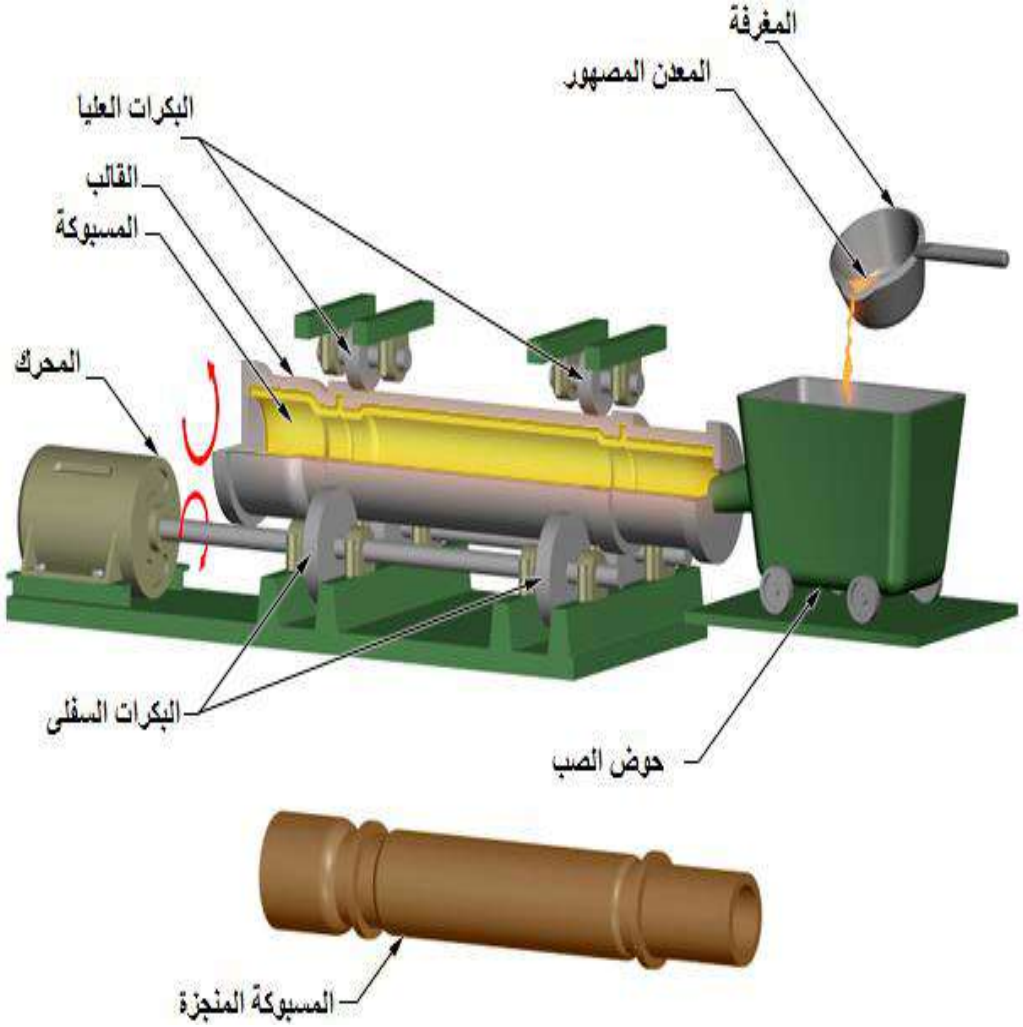
: (CNC) Die casting machines

تستعمل هذه الماكينات للحصول على دقة عالية في المقاسات وقدرة عالية على تكرار الأجزاء بنفس المواصفات والدقة المطلوبة مما يقلل من تكلفة التجميع والفحوصات. الاستفادة الكاملة من وقت تشغيل الماكينة في الإنتاج الفعلي نتيجة تجهيز البرامج بوساطة متخصصين من مكان بعيد عن الماكينة الشكل (4 - 52).

الشكل (4- 52) ماكينات السباكة بالقوالب المعدنية المعانة بالحاسوب

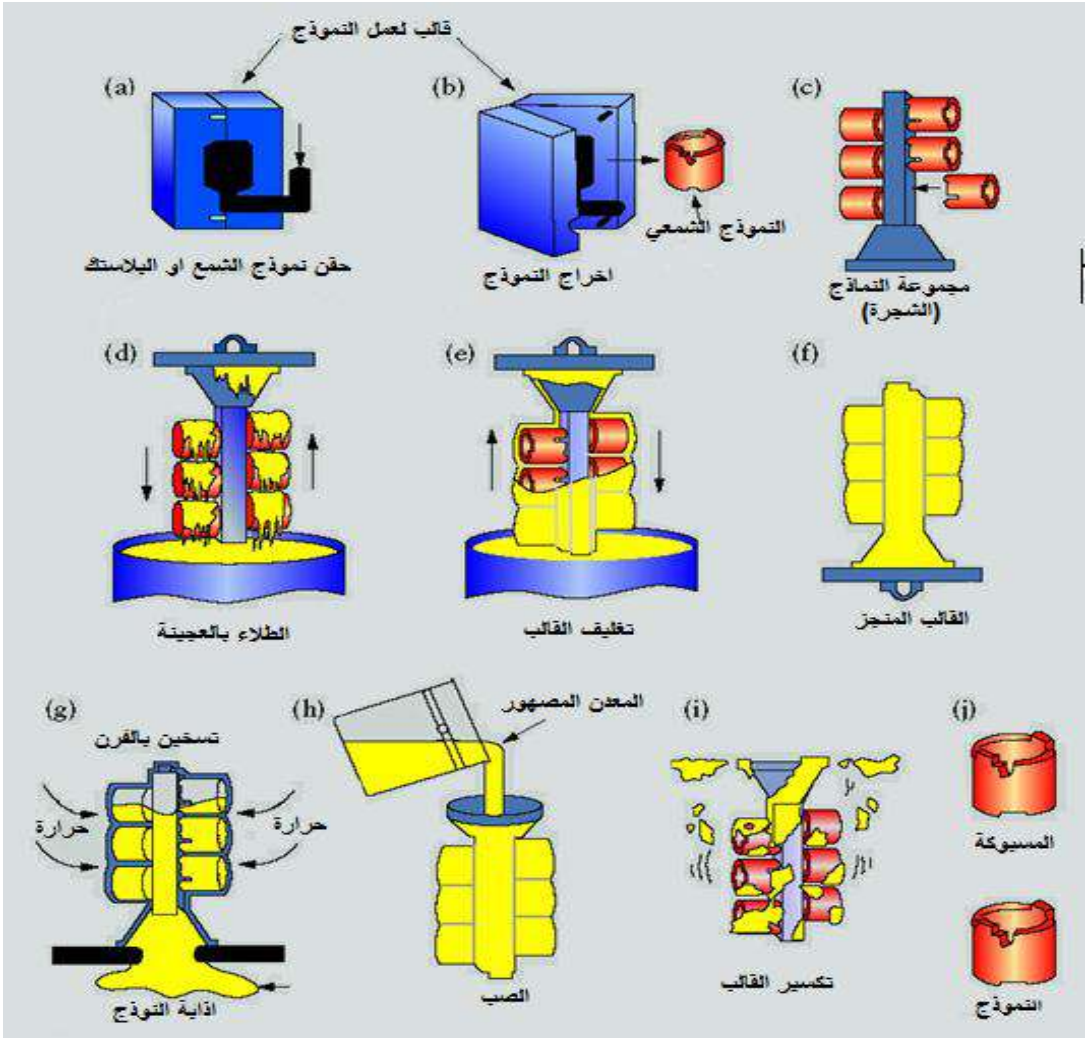
ثانياً : ماكينة السباكة التدويمية (الطرد المركزي) (Centrifugal Casting) :

وهي ماكينة تستعمل لصب او سباكة المعادن المنصهرة في قوالب دوارة. ويتم انجماد المعدن على جدران القالب الدوار أثناء عملية الدوران. وبالإمكان صناعة القوالب من الرمل او المعدن او الجرافيت او من مزيج من هذه المواد. ويمكن استعمال هذه الطريقة للمسبوكات من المعادن الحديدية او اللاحديدية على حد سواء. الشكل(4-53) يوضح ماكينة السباكة التدويمية (الطرد المركزي).



الشكل(4-53) ماكينة السباكة التدويمية (الطرد المركزي)

ثالثاً : مُعدات السباكة بالشمع المفقود (lost wax casting): ان النماذج المصنوعة من الشمع يُعاد صهرها في القالب وتترك فراغاً في القالب الذي به كل التفاصيل للنموذج الرئيس الأصلي وقد تم استعمالها منذ القدم. وتستعمل في الصياغة كما تستعمل في صناعة الأسنان وكذلك في الأجزاء الصغيرة في المحركات النفاثة وريش التوربينات وأجزاء السيارات ومكائن الخياطة والعديد من الأجهزة الأخرى. كما موضح في الشكل(4-54).



الشكل(4-54) مُعدات السباكة بالشمع المفقود

الروبوت في أعمال السباكة :

بتقنية الروبوت تستعين أغلب المسابك الحديثة لإنجاز الأعمال المختلفة، تُقسم الروبوتات المستعملة في المسابك إلى مجموعتين أساسيتين، مجموعة متخصصة في المناولة (عمليات الرفع والنقل) أما المجموعة الثانية فهي متخصصة في الإنتاج حيث تشترك مباشرة في عملية الإنتاج أثناء الصهر والصب والتنظيف والفحص كما موضح في الشكل (4-55). الروبوتات تقدم مزايا عدة في مجال السباكة منها على سبيل المثال إنتاج أكثر، تكاليف عمل منخفضة ، تحسين الإنتاج، أنجاز أقصر للعمل، تجنب مخاطر العمل والمحافظة على أماكن العمل ، عائدات استثمار جيدة.

الشكل(4-55) الروبوتات المستعملة في المسابك

أسئلة الفصل الرابع

س1: عرف ما يأتي :- القياس، المعايرة، الدقة، المقارنة، المتر الطولي، علم القياس (المترولوجيا).

س2: توجد طريقتان لإجراء عملية القياس، اذكرهما وبين الفرق بينهما؟

س3: عدد أنواع قدمة القياس، ووضح الفرق في عمل كل منها؟

س4: أرسم مخططا لقدمة القياس ذات الورنية، مشيراً على أجزائها الرئيسة؟

س5: وضح معنى دقة القياس (0.02mm) لقدمة القياس ذات الورنية؟

س6: عدد قواعد استعمال قدمات القياس؟

س7: وضح فكرة وآلية عمل الميكروميتر؟

س8: ما الفرق بين ميكروميتر القياس الداخلي وميكروميتر قياس الأعماق؟

س9: أكتب باختصار عن معدات رفع البوادق ونقل المعدن المصهور؟

س10: ما المقصود بالبوادق، وما الشروط الواجب مراعاتها عند استعمال البوادق؟

س11: عدد أنواع الأفران المستعملة في عملية صهر المعادن؟

س12: عرف كمية الحرارة، وما العوامل التي تتوقف عليها كمية الحرارة؟

س13: عرف ما يأتي: الحرارة النوعية – السعة الحرارية – الحرارة المحسوسة – الحرارة الكامنة – حرارة الانصهار.

س14: عدد فقط ماكينات ومعدات المناولة المستعملة في المسابك الرملية الإنتاجية؟

الفصل الخامس
رمال السباكة
Casting sand

الأهداف العامة :

بعد اكمال دراسة الفصل يكون الطالب قادراً على أن :

1 – يتعرف على أنواع رمال السباكة ومواصفاتها .

2 – يتعرف على المواد الرابطة والإضافات .

3 – يتعرف على الاختبارات الخاصة برمال السباكة .

4- يميز خلطات رمال السباكة وأنواعها .

5 – 1 تمهيد

يتم عمل القالب الرملي بعد تجهيز خلطة الرمال المناسبة والنموذج وتصنع القوالب الرملية من خلطات رمال معينة تتناسب مع نوع ودرجة انصهار المعدن المراد سبكه.

يؤثر الرمل المستعمل في عمليات السباكة الرملية تأثيراً كبيراً على جودة المسبوكات , ولأنتاج مسبوكات خالية من العيوب يجب ان تقوم بأجراء الإختبارات المختلفة على الرمل المستعمـــل في المسبك للوصول الى نتائج مرضية في العمليات الإنتاجية .

5 – 2 أنواع رمال السباكة

إن الرمال التي تستعمل في إنتاج قوالب الصب وقلب المسبوك في معظم الأحوال هي رمال سائبة ناتجة من ترسب المواد المعدنية ومن الرسوبيات الطبيعية المختلفة والتي تتعرض للعوامل الجوية .

تُجلب الرمال من الكثبان الطبيعية أو الحفر وعادة ما يُشتق أسم الرمل من أسم المحجر الذي تم جلبها منه وإذا كانت الرمال تحتوي على شوائب او كانت غير متجانسة من حيث حجم الحبيبات فأنها تُنقى في المحجر من الأجسام الغريبة وتفرز حسب حجم الحبيبات للحصول على رمال أما ملساء الحبيبات أو ذات حبيبات حادة الحواف .

تُقسم رمال السباكة إلى أنواع عدة رئيسة هي :

1) رمال السيليكا (Sio_2) :

تُعد السيليكا (ثنائي اوكسيد السيليكون) من أكثر أنواع الرمال استعمالاً في السباكة ودرجة انصهارها(1780) درجة مئوية وتمتاز بمواصفاتها الجيدة وبرخص ثمنها .

2) رمال الزركونيوم ($Zr\ Sio_4$):

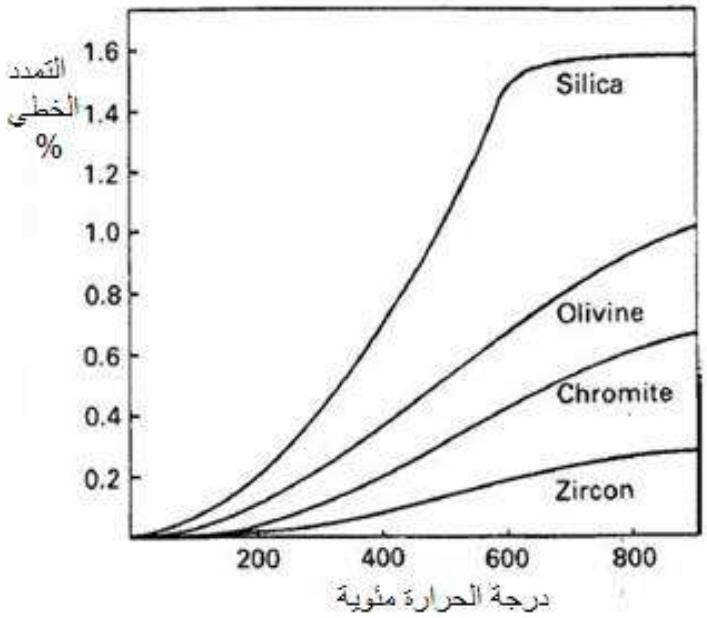
هذه الرمال لها القدرة الجيدة على التوصيل الحراري وذات متانة عالية ولا تلتحم مع سطح المسبوكات , وتنصهر عند درجة حرارة (2400) مئوية .

3) سليكات الماغنيسيا (رمال اوليفين) ($Mg_2\ Sio_4$) :

هذا النوع من الرمال مقاومته للحرارة عالية اذ يتحمل درجة حرارة تصل الى 1830 مئوية , ورمال الاوليفين تمثل مكاناً وسيطاً بين رمال السيليكا والزركونيوم من حيث فاعليته وفائدته .

4) الكرومايت ($FeCr_2O_4$) :

تمتاز هذه الرمال باللون الغامق وبحبيبات زاوية الشكل ومقاومتها الحرارية عالية .



مخطط بياني لأنواع الرمال الرئيسة

ويمكن تقسيم الرمال المستعملة في السباكة بوجه عام إلى :-

1- الرمل الرطب : وهو المحتوي على نسبة عالية من الطين وبخار الماء وهو المستعمل في عمل الغالبية العظمى من القوالب الرملية ويصلح لسباكة حديد الزهر والألمنيوم والنحاس.

مزاياه:

1- تُعد القوالب المصنوعة من الرمل الرطب أرخص أنواع القوالب.

2- لا تحتاج القوالب المصنوعة منه الى تحميص.

3- مكونات الرمل الرطب رخيصة الثمن.

عيوبه :

القوالب المصنوعة من الرمل الرطب أضعف من القوالب المصنوعة من الأنواع الأخرى حيث أنها تتكسر عند نقلها وربما تتفتت عند صب المعدن المنصهر فيها.

2- الرمل الجاف.

وهو يتكون أساساً من حبيبات السليكا المرتبطة ببعضها بقوة عن طريق مواد غروية أو سمنت واحياناً تستعمل بعض الزيوت لهذا الربط وعادة يجفف هذا الرمل بالحرارة بعد تشكيل القالب ويستعمل اساساً في عمل اللُباب وأيضاً يستعمل لعمل قوالب لصب الصلب المسبوك.

مزاياه:

1- لا تتفتت القوالب المصنوعة منه أثناء صب المعدن.

2-لا تنكسر القوالب المصنوعة من الرمل الجاف عند نقلها من مكان إلى أخر.

3-لا تسبب القوالب المصنوعة منه في حدوث عيوب نظراً لتحميصها قبل صب المعدن المنصهر.

عيوبه:

1- تحتاج القوالب المصنوعة الى أدوات وأجهزة للفحص .

2- تكاليف تركيب القالب عالية الثمن .

3- أجور العمال القائمين بعمل القوالب المصنوعة منه مرتفعة لأن صناعتها تحتاج الى وقت طويل .

خلطات الرمال (Mixtures Sand):

تتكون رمال السباكة من خلطات تستعمل في عمل القوالب الرملية أساسها السيليكا (ثنائي اوكسيد السيليكون) (SiO_2) مضافاً إليها المادة الرابطة (عضوية او غير عضوية) هذا بجانب نسبة من الماء.

تقوم المادة الرابطة مع الماء بعمل طبقة مرنة رقيقة حول حبيبات الرمال تساعد على عمل الترابط اللازم قبل وبعدعملية التجفيف وايضاً في درجات الحرارة العالية اثناء عملية الصب .

يضاف لخلطات الرمال بعض الاضافات مثل نشارة الخشب او خيوط رفيعة او كرات بلاستيكية او شمعية صغيرة حيث تؤدي هذه الإضافات الى تحسين النفاذية والثبوت الحجمي للقالب الرملي وتخضع خلطات الرمال قبل استعمالها الى اختبارات لمعرفة مدى صلاحيتها للعمل

وتقسم خلطات الرمال المستعملة في المسابك الى نوعين رئيسيين هما :

(أ) خلطات الرمال الطبيعية : وتتكون من :

1 - خلطات الرمال الخضراء (Green mixtures sand):

وهي خليط من الرمال والطين حيث يكون الرمل (65.5 %) والطين (21.7 %) والباقي يمثل الماء المضاف للخليط , يستعمل مثل هذا النوع من الخلطات في المسبوكات الصغيرة ويمكن لهذه الخلطة ان تجفف داخل افران درجة حرارتها (250) درجة مئوية في هذه الحالة يمكن استعمالها في مسبوكات ذات أوزان أكبر.

2 - خلطات الرمال الاسمنتية (Cement mixtures sand):

وهي خليط رمال تستعمل فيها اسمنت بورتلاندي في حدود (10 %) و(4.5 %) ماء ويتم تجفيف هذه الخلطة عن طريق ترك القالب لمدة ساعة في درجة حرارة الغرفة وبعدها تصبح هذه الخلطة صلدة ولها مقاومة عالية لذا يمكن ان تستعمل في المسبوكات الضخمة .

(ب) خلطات رمال صناعية : وتتكون من

1- خلطات البنتونايت والرمل (Bentonite and sand mixtures)

2 - خلطات رمال الماء الزجاجي (Water glass sand mixtures)

3 - خلطات رمال كروم ماغنيسيوم (Chrome – Magnesite sand mixtures)

4 - خلطات ذاتية التصلد (Self – hardening mixtures)

رمل الوجه : هي خلطة الرمل التي تستعمل في المقالبات الرملية ويشترط ان تكون ناعمة حيث انها تستعمل لتغطية سطح النموذج بسمك (4)سم لغرض الحصول على مسبوكات ذات سطح ناعم وأملس لاتحتاج الى عمليات تشغيل كبيرة.

رمل الحشو : هي خلطة الرمل التي توجد في أرضية المسبك والتي تكون ذات حبيبات خشنة وتوضع بعد طبقة رمل الوجه لاكمال ملئ القالب الرملي لغرض الحصول على مسامية عالية تساعد على خروج الغازات اثناء عملية الصب .

5 – 3 خواص رمال السباكة

1 - النفاذية (permeability) : هي قدرة الرمال على إخراج الغازات المتولدة في القالب الرملي أثناء عملية صب المعدن .

تتوقف النفاذية على حجم وشكل حبيبات الرمال المستعملة وكذلك على نسبة الماء والمواد الرابطة التي تضاف الى الرمال .

2 - مقاومة الحرارة (Heat resistance) : هي قدرة خلطة رمال السباكة على تحمل درجات الحرارة العالية دون ان تنصهر.

3 - الموصلية الحرارية (Thermal conductivity) : هي قدرة مخلوط الرمال على توصيل كمية الحرارة الى الخارج حيث تؤثر على معدل تبريد المسبوكات .

4 – المقاومة الرطبة (Green Strength) :هي مقاومة خلطة الرمال للقوى التي تؤثر عليه وهي في الحالة الرطبة (بدون تجفيف) وتتناسب هذه الخاصية مع كمية الماء المضاف وكذلك على حجم وشكل حبيبات الرمال ومقدار كمية المواد الرابطة .

5 -المقاومة الجافة (Green strength dry) : هي مقاومة خليط الرمال للقوى المؤثرة عليها بعد اجراء عملية التجفيف عليها .

6 - قابلية الانهيار (Collapsibility) : هي قابلية خلطة الرمال للانهيار بعد الانتهاء من عملية صب المعدن وتجمده .

7 - طول مدة الاستعمال اي قابلية الرمل للاستعمال اكثر من مرة مع الاحتفاظ بخواصه وكذلك قابليته لتجديده .

8 - رخيص الثمن (Cheap) .

9 - العجينية وهي التي تحدد قدرة الرمل على اتخاذ شكل النموذج المطلوب بدقة والاحتفاظ بهذا الشكل بعد فصل النموذج عن القالب .

5 - 4 المواد الرابطة لرمال السباكة والإضافات

إن الرمال المستعملة في تشكيل القوالب الرملية الخاصة بالسباكة تحتاج إلى اضافات لتحسين خواصها وجعلها أكثر مطاوعة وصلابة وتحملاً للحرارة حيث يتم خلط هذه الإضافات والمواد الرابطة بالرمال .

وتقسم المواد الرابطة الى قسمين :

(ا) المواد الرابطة غير العضوية : وتتمثل بما ياتي :

1 - الطين : وتتراوح نسبته (3 – 18 %) ويخلط مع الرمل والماء .

2 -سيليكات الصوديوم (Na_2Sio_2) : السيليكات اسم شامل لطائفة كبيرة من المركبات التي تحتوي على السيليكون والأوكسجين وبعض الفلزات وتُعد سيليكات الصوديوم أبرز هذه المركبات التي تخلط مع الرمل بنسبة (4 %).

3 -البنتونايت ($Al_2O_3\ 4SiO_2\ H_2O\ NH_2O$) : هو أحد أصناف سيليكات الألمنيوم الطبيعية وهو مسحوق ناعم جداً يكون مع الماء محلولاً عالقاً غير سام ويخلط مع الرمل بنسبة (15 – 20 %) حيث يزيد قوة التماسك وكذلك النفاذية .

4 -أوكسيد الحديد (Fe_2O_3) : ويضاف بنسبة (0.25 – 1 %) الى الرمل وذلك لزيادة متانته وتحمله لدرجات الحرارة العالية.

(ب) المواد الرابطة العضوية :

ان الروابط العضوية تكون قابلة للاحتراق أثناء عملية صب المعدن وتتلف بالحرارة لذلك فهي تفقد خاصية التماسك في درجة حرارة (485) مئوية , فيما يأتي الأنواع الشائعة الاستعمال من الروابط العضوية :

1-دقيق الذرة : وهو عبارة عن دقيق الذرة المطحون (النشا) ويستعمل في رمال القالب كمادة رابطة وتتراوح النسبة بين (0.25 –2 %) .

2 -زيت الوقود المحروق : ويستعمل بنسبة ضئيلة جداً ليحل محل الماء وبذلك يعمل على تقليل النسبة المئوية للرطوبة الموجودة في الرمل .

3 -الزفت : وهو مادة شبه صلبة لونها أسود او بني ويستعمل الزفت في رمال السباكة لزيادة المتانة عند درجات الحرارة المرتفعة .

4 -الدبس : ويضاف الى الرمل لزيادة متانته عند التجفيف .

5 -الراتنجات : وهي مواد تخلط مع الرمل بنسبة تصل الى (2 %) تقريباً وتترك لكي تجف وتتصلب وبعدها يرفع النموذج , والراتنج سهل الاستعمال وذو ليونة عالية ويُستعمل لعمل الأجزاء الدقيقة , حيث تجفف القوالب بتركها في الهواء او بأضافة مواد كيمياوية أو بوساطة الحرارة .

6 -المواد الرابطة المركبة : هي خليط من المواد الرابطة المتعددة كمثال محلول زيت نباتي وعصارة الاشجار الصنوبرية مع كحول وهي أرخص من المواد الرابطة البترولية التي يصعب الحصول عليها, والمواد الرابطة المركبة تضاف الى خليط الرمل بنسب تصل الى(2 %) ودرجة حرارة تجفيفها من (200 – 220) درجة مئوية .

تستعمل المواد الرابطة الصناعية في انتاج القوالب القشرية وقالب المسبوك , إن مزايا هذه المواد الرابطة هي سرعة نضجها كما انها تكون رقيقة ومرنة مما يزيد من سرعة انتاجها مثل راتنج الفينول - فورمالديهايد مع اضافة كحول وكذلك راتنج الكاربمايد وهو ناتج من تكثيف اليوريا والفورمالديهايد والذي يذوب بالماء ويستعمل في صناعة الالباب .

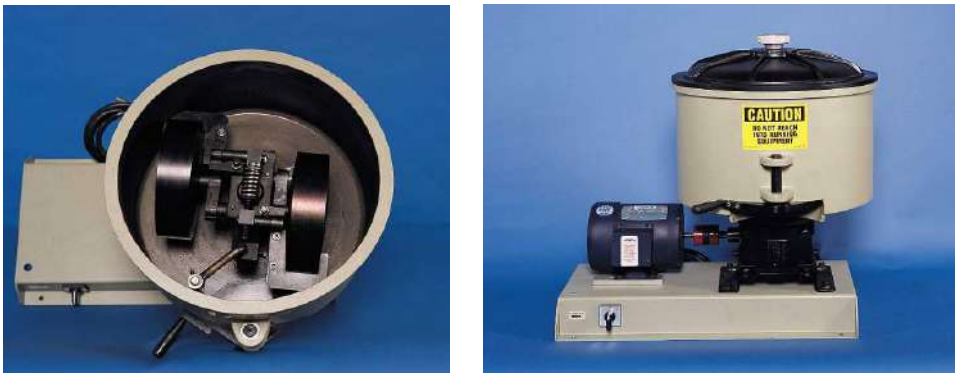
5 – 5 اختبارات رمل السباكة

إن جودة المسبوكة المصنوعة بالسباكة الرملية يعتمد إلى حد بعيد على مواصفات الرمل المستعمل, ولغرض التحكم في هذه الجودة لابد من السيطرة على خواص الرمال , من هنا فانه من الضروري إجراء بعض الإختبارات على الرمال قبل استعمالها لانتاج المسبوكات لتحديد قابلية هذه الرمال على تحمل الحرارة العالية ومقاومة الضغط والشد اثناء الصب .

فيما يلي بعض اختبارات رمال السباكة مع بيان خواصها :

5 - 6 تحضير عينة الاختبار

يستعمل جهاز دك الرمل لتحضير عينات الرمل وتهيئتها للاختبارات وهو مزود بأدوات اضافية لتحضير العينة بعد خلط مكونات رمال السباكة بخلاط مختبري .



الشكل (5 – 1) خلاط رمال مختبري

إن قوة الدك يجب ان تستغل بكامل طاقتها وبالتالي يجب تثبيت جهاز دك الرمل بأحكام على قاعدة من الصلب ذات سطح مستو تماماً ويجب التأكد ان عمود الدك هو في وضع شاقولي .

الشكل (5 – 2) جهاز دك عينات الاختبار الرملية

خطوات تشغيل جهاز دك عينات الاختبارالرملية :

1 - حضر الرمال اللازمة للعينة الاسطوانية وكذلك لعينة اختبار الإجهاد, القص, الشد .

2 - ضع الرمل في وعاء محكم الاغلاق واتركه ساعتين على الاقل قبل اجراء الاختبار.

3 - اجعل مؤشر السماح بعد عملية الدك (ثلاث ضربات في الحالة العادية) يقف ضمن مجال الشق المخصص للقياس وادناه القيم التجريبية لأوزان عينات الرمل:

أ - لعينة الاختبار الاسطوانية من (135 - 170)غم .

ب - لعينة اختبار إجهاد الانحناء من (110 - 140)غم .

ج - لعينة اختبار إجهاد الشد من (70 – 90)غم .

4 - ضع رمل العينة في علبة صنع العينة بشكل حُر .

5 - يُسوى السطح بحيث يصبح الدك على السطح بكامله ثم ضع العلبة على الجهاز .

6 - بوساطة المرفق الأيسر يخفض مكبس الدك ببطء حتى يصل الى سطح الرمل .

7 - أدر علبة العينة بعكس اتجاه عقارب الساعة ودك الرمل بالمرفق الأيمن (وسطياً ثلاث دكات) وتحقق من ارتفاع العينة .

8 - أرفع عمود الدك عن طريق تحريك المرفق الأيسر للجهاز .

9 - أسحب علبة صنع العينة وحرر العينة الرملية .

الشكل (5 - 3) عينة الرمل القياسية

5 - 7 تحديد شكل وحجم حبيبات الرمل

يستعمل المايكروسكوب عادة لمعرفة شكل وحجم حبيبات الرمل , وتؤخذ لهذا الغرض عينة تزن 50 غرام من الرمل الجاف المغسول (غير مخلوط بالمواد الرابطة) تحتوي على اقل تقدير (200 - 300) من حبيبات الرمل ثم توضع هذه الحبيبات تحت المايكروسكوب بحيث يكون مصدر الضوء عمودياً على الحبيبات لمعرفة أشكالها ومقارنتها مع الأشكال القياسية .

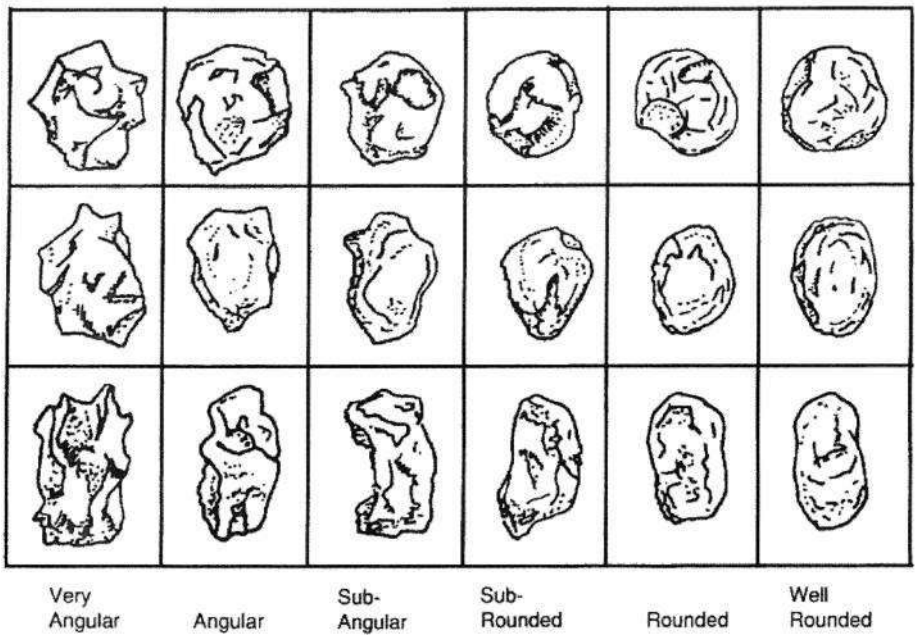
الشكل (5 – 4) مايكروسكوب لتحديد شكل حبيبات الرمل

أشكال حبيبات الرمل :

1 -حبيبات مدورة أو شبه مدورة .

2 -حبيبات زاوية أو شبه زاوية .

3 -حبيبات مركبة .



الشكل (5 – 5) يوضح أشكال حبيبات الرمل

5 – 8 التحليل المنخلي والتوزيع الحجمي لحبيبات الرمل

إن تحديد حجم حبيبات الرمل يتم من جهاز الغرابيل الهزاز وهو مزود بوسيلة هز المناخـــــل بمواصفات متفق عليها دولياً ويتكون من أحد عشر منخل تبدأ من المنخل رقم واحد ويكون في الأعلى ذي فتحات قياس (2) ملم الى المنخل الأخير ذي فتحات قياس (ملم 0.053) ووعاء في الأسفل اضافة لغطاء للمنخل رقم واحد, الغربلة تتم بكفاءة عالية ولفترة محدودة وان عملية الهز تعطي توزيع منتظم للمادة المطلوب غربلتها بالفترة الزمنية للمساحة السطحية لكل شبكة منخل .تتحرك المناخل حركة غير مركزية من محرك كهربائي حيث تتحول الحركة الدورانية الى ترددية بوساطة مزدوج ذاتي التنظيم, وكذلك مجموعة التروس وتثبت المناخل بواسطة حلقة علوية متحركة .

ملاحظة : إن شبكة المناخل تتكون من نسيج سلكي بأقطار قياسية وبين كل سلكين توجد فتحة تدعى بالفتحة الشبكية هي التي يمر من خلالها حبيبات الرمل , ولقياس الفتحات الشبكية يستعمل كلمة (mesh) بالنظام الأمريكي وهو جزء من (1000) من البوصة أما في النظام الفرنسي فيستعمل المايكرون وهو جزء من (1000) من الميليميتر الواحد .

الشكل (5 – 6) جهازالمناخل الهزاز

خطوات العمل :

1 - ضع (50) غم من رمل المسبك , بعد التخلص من الطين الموجود في الرمل ونضعه فوق المنخل العلوي .

2 - ابدأ بتشغيل الجهاز لمدة (15 – 20) دقيقة فتنساب حبيبات الرمل حسب دقتها من خلال فتحات المناخل المختلفة الى ان يترسب أدق الحبيبات من مادة الطين في الوعاء السفلي .

3 - بعد فترة الهز المقررة يوزن الرمل المحجوز على كل منخل وكذلك الطين الموجود في الوعاء .

ومن الأوزان التي توجد على كل منخل بالنسبة لوزن العينة الأصلية تحدد نسب مئوية للرمل المتبقي على كل منخل, وتستعمل هذه النسب لغرضين :

أ – لحساب دقة الحبيبات .

ب – لرسم منحني التوزيع الذي يوضح مجموع النسب المئوية من الرمل المحجوزلكل منخل.

والجدول رقم (5 – 1) يبين لنا أرقام المناخل وسعة الفتحات ورقم المناخل وفق النظامين الامريكي والفرنسي ومن خلال الفتحة الشبكية للمناخل نحصل على رقم المنخل , فمثلا عندما نقول منخل رقم (200) اي ان عدد الفتحات على طول (25) ملم هو (200) فتحة وهكذا وعلى العموم فان متوسط حجم الحبيبات هو عبارة عن رقم المنخل الذي تسمح فتحاته بمرور جميع حبيبات الرمل فيما اذا كانت متساوية الحجم .

الجدول (5 - 1)

الرقم المعادل	عدد الفتحات في 1 بوصة	الفتحات ملم	الفتحات بوصة	التغير المسموح به	قطر السلك	فتحات الشبكة مايكرون
4	4	4.699	0.187	3	0.065	4760
6	6	3.327	0.132	3	0.036	3327
8	8	2.362	0.0937	3	0.035	2362
12	10	1.651	0.0661	3	0.032	1651
16	14	1.176	0.0469	3	0.025	1176
20	20	0.833	0.0331	5	0.0172	823
30	28	0.589	0.0232	5	0.0125	589
40	35	0.414	0.0165	5	0.0122	414
50	48	0.295	0.0117	5	0.0092	295
70	65	0.208	0.0093	5	0.0072	208
100	100	0.147	0.0059	6	0.0042	147
140	150	0.104	0.0041	6	0.0026	104
200	200	0.074	0.0029	7	0.0021	74
270	270	0.053	0.0021	7	0.0016	53

5 – 9 تعيين درجة نعومة حبيبات الرمل

تُحسب درجة النعومة من جدول يمثل التحليل الحجمي للرمل , وهذه الدرجة تمثل متوسط حجم الحبيبات وهو عبارة عن رقم المنخل الذي تسمح فتحاته بمرور جميع حبيبات الرمل لو كانت كلها متساوية في الحجم .

ان الحجم الحقيقي لحبيبات الرمل المحجوزة على أي منخل يكون نفس الحجم المار من المنخل السابق أي ان معامل الضرب هو عبارة عن رقم شبكة حجم المنخل السابق .

نحصل على درجة نعومة الرمل من المعادلة التالية :

$$\text{درجة النعومة (Fineness Number)} = \frac{\text{مجموع حاصل الضرب}}{\text{مجموع النسب المحتجزة للحبيبات}}$$

مثال : حدد درجة نعومة حبيبات الرمل لعينة رملية وزنها (50) غرام باستعمال جهاز المناخل الهزاز .

ت	رقم الشبكة	نسبة التجميع التراكمية	الكمية المحتجزة	معامل الضرب	حاصل الضرب
1	6	-	0.0	3	0
2	12	-	0.0	5	0
3	20	-	0.0	10	0
4	30	-	0.0	20	0
5	40	0.2	0.4	30	12
6	50	0.65	1.3	40	52
7	70	1.25	2.5	50	120
8	100	2.25	4.5	70	315
9	140	8.55	17.1	100	1710
10	200	11.05	22.1	140	3094
11	270	10.9	21.8	200	4360
الوعاء	الوعاء	9.3	18.6	300	5580
	المجموع		88.3		15243

$$\text{درجة النعومة} = \frac{15243}{88.3} = 173$$

5 – 10 حساب نسبة الطين في الرمل

تقاس نسبة الطين في رمل السباكة بالخطوات الآتية :

1 - بوضع (50) غرام من الرمل المجفف عند درجة حرارة من (105 - 110) درجة مئوية في قنينة زجاجية سعتها (1) لتر .

2 - يضاف cm^3 (475) ماء مقطر وكذلك cm^3(25) من محلول الصودا الكاوية بتركيز (1) % .

3- توضع القنينة على جهاز التقليب والذي يعرف باسم غاسل الرمل ويقلب المخلوط لمدة (5) دقائق .

4 - يُضاف بعد ذلك مزيداً من الماء حتى يصل الى علامة (150) الموجودة على القنينة .

5 - توضع القنينة على الطاولة لمدة عشرون دقيقة فتستقر حبيبات الرمل على القاع بينما يضل الطين عالقاً في المحلول .

6 - يُسحب الماء بطريقة السيفون خارج القنينة, ويُضاف ماء نظيف حتى يصل الى ذات الارتفاع الذي كان عنده الماء قبل سحبه .

7 - تقلب القنينة مرة ثانية بواسطة الجهاز لبضع ثواني ثم تترك لمدة خمسة عشر دقيقة .

8 - يُسحب الماء بواسطة السيفون مرة ثانية .

9- تُكرر العملية السابقة عشر مرات حتى يصبح الماء صافياً غير معكر .

10 - يُرشح الرمل الموجود بالقنينة على ورق ترشيح ويُجفف عند درجة من(105 - 110) درجة مئوية ثم يوزن الرمل الجاف المتبقي بدقة بسماح (0.01) غم .

إن الفرق بين الوزنين يعطي نسبة الطين في الرمل .

النسبة المئوية للطين = مقدار النقص في وزن العينة × 2

الشكل (5 – 7) غاسلة الرمال

5 – 11 تعيين نسبة الرطوبة في الرمل

تُؤخذ عينة الاختبار القياسية وتوضع في فرن التجفيف عند درجة حرارة (105 – 110) مئوية بعد تبريدها يوزن الرمل مرة ثانية وتُحسب نسبة الرطوبة كما يلي :

يُستعمل جهاز التجفيف بالأشعة تحت الحمراء لهذا الغرض .

إن الأشعة تحت الحمراء ذات الموجة الطويلة تُقلل من زمن عملية التجفيف لدقائق معدودة .

الشكل (5 – 8) جهاز تجفيف العينات الرملية

$$\mathbf{H} = \frac{w_o - w_1}{w_o} \times 100$$

H = النسبة المئوية للرطوبة .

w_o = وزن الرمل قبل التجفيف .

w_1 = وزن الرمل بعد التجفيف .

مثال : عينة رملية رطبة وزنها (50) غرام تم تجفيفها بفرن التجفيف المختبري وأُعيد وزنها فكان (45)غرام . إحسب النسبة المئوية للرطوبة ؟

$$\mathbf{H} = \frac{50-45}{50} \times 100$$

النسبة المئوية للرطوبة = 10%

5 – 12 اختبار قابلية التخلل (النفاذية) للرمل

يُقصد بالنفاذية لخليط المقالبة هي تلك الخاصية الفيزيائية التي تسمح للغازات للنفاذ من خلال حبيبات الرمل داخل القالب الرملي أثناء عملية صب المعدن المنصهر .

يُحدد هذا المتغير بتمرير هواء عند درجة حرارة الغرفة من عينة الاختبار القياسية يقوم الفني أولاً بوضع عينة الاختبار وهي داخل الاسطوانة في جهاز قياس قابلية التخلل للرمل وذلك بتمرير (2000 cm^3) من الهواء وتسجيل ضغطه عند الدخول وحساب الزمن اللازم لمرور الهواء من خلال العينة يمكن حساب نفاذية الرمل من المعادلة الآتية :

$$P = \frac{VH}{APT}$$

حيث ان:

P = رقم النفاذية .

p = ضغط الهواء .

v = حجم الهواء .

H = ارتفاع العينة .

A = مساحة المقطع العرضي للعينة .

T = الزمن الذي يستغرقه مرور الهواء .

وللإسراع من الأختبار يمكن وضع ألواح مثبت عليها فتحات تم معايرتها وذات قطر(0.5) أو (1.5) ملم وذلك في المسافة بين ناقوس الجهاز والعينة , اللوح الأول ملائم لاختبار المواد ذات النفاذية اقل من (50)ملم والثاني للمواد التي يتوقع ان تزيد نفاذيتها عن (50)ملم عند اجراء الإختبار مع وجود هذه الألواح يجب التأكد من إن الضغط تحت الناقوس (مع غلق المحبس ثلاثي الاتجاه) يساوي (100) ملم زئبق الهواء (2000 cm^3) يمر خلال الفتحة ذات قطر(0.5) ملم في (4.5) دقيقة وخلال الفتحة (1.5) ملم في (0.5) دقيقة تقريباً.

بمعرفة ضغط الهواء يمكن حساب النفاذية مع استعمال جداول خاصة لتحديد نفاذية المادة بمعرفة الضغط الذي تم تسجيله في أجهزة الاختبار الحديثة يُقرأ رقم النفاذية مباشرة على تدريج الجهاز تُستعمل العينة بعد ذلك في قياس الضغط للخليط الرطب .

الشكل (5 – 9) جهاز اختبارنفاذية الرمل

5 – 13 اختبار مقاومة الرمل (الضغط , القص , الشد)

تُعرف مقاومة الضغط لخليط المقالبة بأنها أعلى حمل مطلوب لاحداث كسر في القالب الرملي تحت جهد محوري ضاغط .

جهاز اختبار المتانة العمومي :

هو مكبس هيدروليكي يعمل يدوياً بساعة خاصة دقيقة قطر(160) ملم لها تدريج ذو عاكس , مجال الحمل للضغط لغاية (3260 g / cm^2) (وساعة اضافية لحمل أقصى / kg 13.24 cm^2) والجهاز مزود بفكين للقص والضغط وسدادة اقفال .

يُستعمل جهاز اختبار المتانة العمومي لاختبار متانة الضغط والقص والشد للعينات الرملية .

الشكل (5 – 10) جهاز اختبار المتانة العمومي

قياس مقاومة الضغط والقص للرمل الرطب :

1 - ضع رؤوس فحص مقاومة القص في الموضع الأسفل لذراعي الدفع والثقل .

2 - ارفع ذراع الثقل قليلاً وضع عينة الاختبار القياسية بين الفكوك .

3 - تأكد من ان المؤشر المغناطيسي مثبت في المكان المخصص له بذراع الثقل وهناك تفاوت (6) ملم بين الدعامة المطاطية والكتلة على ذراع الدفع .

4 - سلط الثقل بانتظام حتى يحدث قص العينة .

5 - تتم القراءة في اللوحة الرابعة وهي للقص الرطب .

6 - خراج العينة المنهارة .

ملاحظة : لقياس مقاومة الضغط والقص للرمل الجاف يجب أولاً تجفيف العينة لدرجة حرارة (110) مئوية ثم تبرد الى درجة حرارة الغرفة ثم تجرى عليها نفس الخطوات أعلاه .

أداة اختبار مقاومة الشد :

وهي أداة متممة لجهاز اختبار المتانة حيث تحضر عينات هذا النوع من الاختبار بدك الرمل في أداة اختبار مكونة من فكين ونربط أداة اختبار مقاومة الشد بجهاز أختبار المتانة العمومي باتباع الخطوات التالية :

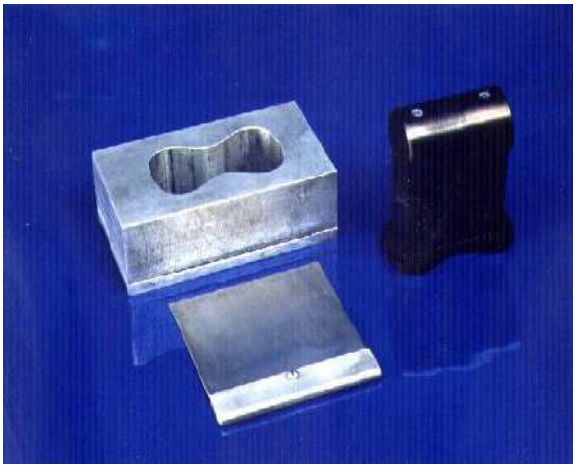
1 -يُزلق الفك المتحرك للأداة الى أن يمس الفك الثابت ويفك اللولب ذو الراس المسنن .

2 -تُزال صفيحة الضغط المثبتة من الفك الثابت وذلك في جهاز المتانة .

3 -تُوضع أداة اختبار الشد على الجهاز من الأعلى ويدخل محورها عبر ثقب الفك الثابت ويركب اللولب المسنن في مكانه ويشد جيداً.

4 - تُوضع عينة الاختبار (وهي على شكل رقم 8) بين فكي الأداة بحيث يكون سطحها الخشن الى الاعلى ويراعى بشكل خاص ان تكون الاسطح المستوية لبكرات فكي الشد متلامسة مع عينة الاختبار.

5 - يُدار دولاب جهاز اختبار المتانة الى ان تنكسر العينة ثم يتم قراءة متانة الشد من المؤشر .



الشكل (5 – 11) أدوات عمل العينة الرملية لاختبار الشد

5 – 14 إختبار صلادة رمل القالب

يُقصد بصلادة المادة هي الخاصية التي تمكن تلك المادة من الإحتفاظ بشكل سطحها سليماً متماسكاً تحت تاثير الاحمال وتقاس صلادة رمل القالب بوساطة جهاز يدوي صغير في شكل جهاز قياس الصلادة المعتاد بطريقة روكويل او برينيل ويتم ذلك بضغط كرة فولاذية بقطر حوالي 5 ملم ومربوط بنابض على سطح رمل القالب وقياس عمق الاختراق الذي تتركهُ الكرة على سطح الرمل حيث يقوم المؤشر بقراءة عمق الاختراق والذي يدل على مقدار الصلادة والشكل (5 - 12) يُبين جهاز قياس صلادة الرمال .

الشكل (5 – 12) جهاز اختبار صلادة القالب الرملي

أسئلة الفصل الخامس

س1: عدد أسماء الرمال المستعملة في عمل قوالب السباكة ؟

س2: عدد أهم خواص رمال السباكة ؟

س3: عرف رمل الوجه ورمل الحشو ؟

س4: عرف كل مما ياتي: النفاذية , البنتونايت ,الراتنجات؟

س5: ما المقصود بالمواد الرابطة المركبة؟

س6: ما الغرض من المواد الرابطة ؟ عدد أنواعها ؟

س7: اشرح طريقة عمل عينة الاختبار القياسية ؟

س8: تكلم عن جهاز اختبار متانة الرمل العمومي ؟

س9: كيف تحدد توزيع قياس حبيبات الرمل ؟

س10: إحسب النسبة المئوية للطين لعينة رمل وزنها (50) غرام , بعد غسل العينة أصبح وزنها (44.1) ؟

س11: كيف يتم حساب نسبة الرطوبة في الرمل ؟

الفصل السادس

السباكة الرملية

Sand casting

الأهداف العامة :

بعد اكمال دراسة الفصل يكون الطالب قادراً على أن :

1- **يفهم العمليات الأساسية في السباكة الرملية .**
2- **يتعرف على طريقة تشكيل وتجهيز النموذج .**
3- **يتعرف على عناصر منظومة الصب والتغذية .**
4- **يتعرف على خطوات تشكيل القالب الرملي .**
5- **يتعرف على طريقة صنع اللُب .**
6- **يفهم اسلوب صهر المعدن وصبه في القالب الرملي .**
7- **يميز طرق فحص المسبوكات .**

6 – 1 تمهيد

سباكة المعادن هي إحدى عمليات تشكيل الأجسام المعدنية وذلك بصهر المعدن وصبه في القالب المراد تشكيل المعدن إليه وتركه يبرد ويتجمد فيأخذ بعد تجمده شكل ذلك القالب .

ومن هذا التعريف يتضح ان المعدن السائل يُستعمل مباشرة في الحصول على شكل الجسم في صورة مسبوكة معدنية .

وغالباً ما تأخذ المصبوبات شكلها عندما يتحول المعدن المنصهر من الحالة السائلة الى الحالة الصلبة او الجامدة .

تُصنع المشغولات بالسباكة اذا كانت أشكالها قد صُممت بحيث لا تتيسر صناعتها بالطرق الأخرى او اذا كانت هذه الطرق غير اقتصادية أو اذا كانت المشغولات ذوات أشكال داخلية وخارجية معقدة كالمشغولات المزدوجة الجدران او ذات الزعانف الكبيرة .

وتُعد السباكة الرملية إحدى أقدم وأكثر تقنيات السباكة المستعملة في الوقت الحاضر لتشكيل المعادن في الحالة السائلة. وبالرغم من التطور الذي حصل في هذا المجال إلا ان السباكة الرملية لا زالت تستعمل بشكل واسع في صناعة المنتجات .

6 – 2 العمليات الأساسية للسباكة الرملية

إن عمليات السباكة الرملية الإنتاجية في المسابك تشمل عدداً من الإجراءات تبدأ بتصنيع معدات إعداد القوالب والتي تشمل النماذج , صناديق اللُب , معدات تجفيف القالب الرملي واللُب, كذلك وضع شحنة المعدن داخل الأفران المختلفة تبعاً لنوع المعدن المراد انتاجه وطرق رفع المصبات والمغذيات وفصلها عن المسبوك عن طريق تنظيف المسبوكات والمكائن المستعملة لها .

تُصنع القوالب الرملية أما يدوياً او ألياً ,إن تصنيع القوالب يدوياً ملائم عند إنتاج كميات قليلة لفترات قصيرة , أما الإنتاج الآلي فيكون ملائماً للإنتاج الواسع والسريع للمسبوكات .

6 – 3 خطوات السباكة الرملية

للحصول على مُنتج معدني مصبوب عن طريق سباكة القوالب الرملية فأنه يجب القيام بعمليات عدة كالآتي :

1. **تشكيل وتجهيز النموذج .**
2. **تجهيز القالب الرملي .**

3- تجهيز القلب (في حالة وجود فراغ في الجزء المراد سباكته) .

4- صهر المعدن .

5- صب المعدن المنصهر .

6- نزع المسبوكة وتنظيفها .

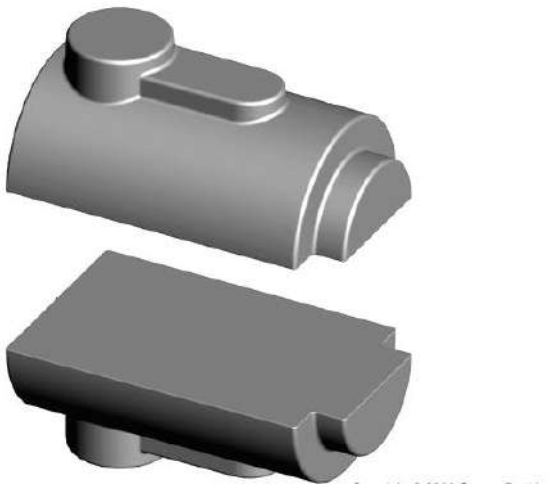
7- فحص المسبوكة .

6 – 4 تجهيز النموذج

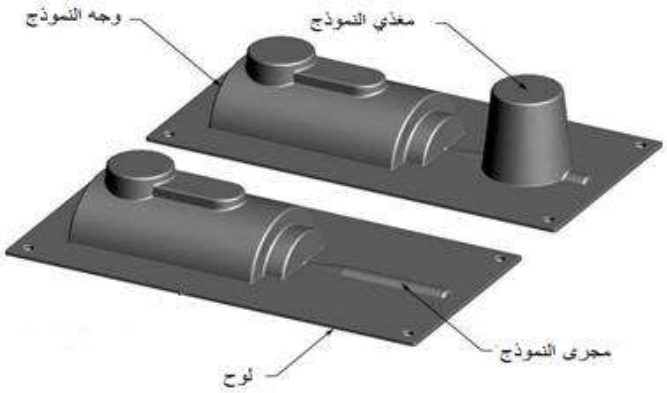
لتجهيز القالب الرملي يحتاج الأمر لنموذج يحاكي شكله الخارجي وشكل الجزء المراد انتاجه بالسباكة الرملية فالنموذج هو جسم خشبي او معدني او لدائني او جبسي يستعمل لتشكيل فراغ في رمل القالب يماثل من حيث الشكل والحجم القطعة المراد سباكتها .

تجهز النماذج الخشبية من اجزاء عدة يتم لصقها بالغراء بحيث تتقاطع اتجاهات الألياف في الطبقات المختلفة مما يحول دون انبعاج النموذج .

تستعمل النماذج الخشبية عندما يكون العدد المطلوب إنتاجه إقل من مئة قطعة وتصنع النماذج التي تستعمل لإنتاج أعداد كبيرة من المسبوكات من المعادن مثل الألمنيوم او حديد الزهر وتتميز النماذج المعدنية بطول عمرها التشغيلي بالرغم من ارتفاع تكلفتها أما النماذج المصنوعة من اللدائن فأنها أكثر متانة من النماذج الخشبية وأقل كلفة من النماذج المعدنية .



شكل (6 – 2) يوضح نموذج من نصفين



الشكل (6 –3) يوضح طريقة وضع النموذج على لوح المقالبة

ويختلف النموذج عن المسبوك المنجز بما يأتي :

1- يكون حجم النموذج اكبر من حجم المسبوك بمقدار معين وذلك لموازنة تقلص المعدن بعد تجمده وتسمى هذه الزيادة بسماح الانكماش. ان جميع المعادن تتقلص أثناء تحولها من الحالة السائلة الى الحالة الصلبة ويُعبر عن مقاس الانكماش كنسبة مئوية من مقاسات النموذج , الجدول (6 – 1) يوضح مقدار الانكماش كنسبة مئوية لبعض المعادن , يتم حساب الطول اللازم للنموذج من العلاقة التالية :

$$L = L_O (1+\Delta)$$

حيث أن الطول اللازم للنموذج = L

طول الجسم للمسبوك = L_O

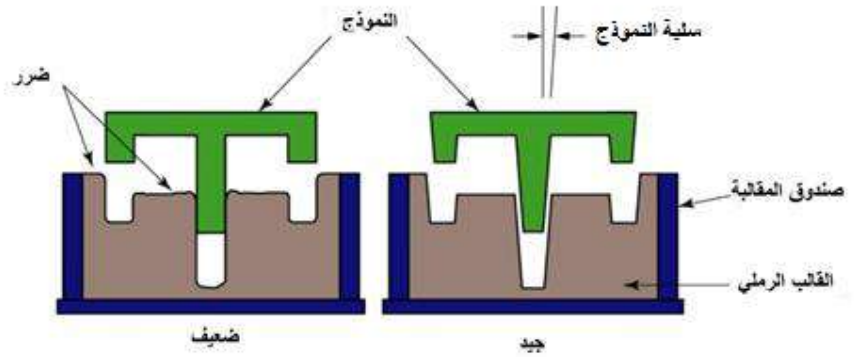
نسبة الانكماش للمسبوك = Δ

الجدول (6– 1) نسبة الانكماش وسماح التشغيل لبعض المواد المعدنية

المعدن	نسبة الانكماش	سماح التشغيل
الفولاذ	2 %	3 mm
حديد الزهر	1 %	3 mm
النحاس	1.5 %	1.5 mm
الالمنيوم	1.25 %	1.5 mm
القصدير	1.5 %	1.5 mm
الزنك	1.5 %	1.5 mm

2- في كثير من الأحيان تتبع عملية انتاج المسبوك عمليات تشغيلية لتصحيح أبعاده ولتشطيب أسطحه وإعطاءه درجة عالية من الدقة لذلك تُضاف قيم للأبعاد الخارجية وتطرح من الأبعاد الداخلية حتى تسمح بتشغيل الجزء على الماكنات وتسمى هذه القيم بسماح التشغيل وتحدد قيمة سماح التشغيل على نوع المعدن المراد سبكه ويجب ملاحظة ان سماح التشغيل يُضاف على الأبعاد التي سيتم تشغيلها فقط .

3- لتسهيل عملية إخراج النموذج من القالب الرملي بعد تشكيله تُضاف درجة ميل (سلبة) الى جوانب النموذج تسمى بسماح السحب او السلبة ويتوقف مقدار هذه السلبة على شكل النموذج وطريقة عمل القالب وتتراوح قيمتها من(0.25) الى(1) درجة .



الشكل (6 – 4) عمل سلبة النموذج

4- تُضاف نتوءات او بروزات الى النموذج الغرض منها تشكيل تجاويف او فراغات معينة تستعمل لتثبيت اللُب داخل الفراغ في القالب الرملي تسمى الركائز حيث تعمل هذه الركائز فجوات في القالب الرملي يرتكز عليها لكي يضمن بذلك وضعاً مناسباً بالنسبة لفراغ النموذج وأيضاً يتحمل ظروف صب المعدن دون ان ينكسر .

5- يجب مُراعاة تجنب انتاج نماذج باركان حادة لان ذلك يؤدي إلى انهيار الرمل عند رفع النموذج وتُنتج النماذج بحواف مدورة قليلاً وتسمى هذه العملية تدوير الأركان وتصنع النماذج حسب أشكال او هيئات القطع المراد سباكتها أما من جزء واحد أو جزأين متناظرين حسب شكل المنتج المراد انتاجه .

خواص النموذج (Pattern Properties) :

تمتاز النماذج بالخواص الآتية :

1- سهلة التشكيل .

2- خفيفة الوزن .

3- مقاومة للتآكل .

4- ذات سطوح ناعمة .

5- لا تتأثر أبعادها بالرطوبة .

يُراعى عند تصنيع النماذج المختلفة أن تكون مطابقة لشكل وأبعاد القطع المراد سباكتها ، مع الأخذ في الاعتبار إضافة أبعاد مناسبة للسماحات التي يمكن ان نذكرها بما يأتي:-

1- سماح الانكماش (Shrinkage Allowance)

يجب أن تكون أبعاد النموذج أكبر قليلاً من أبعاد الشكل المطلوب سباكته ،وذلك لتعويض مقدار الانكماش الذي يحدث للمعدن بعد تجمده ، ومن ثم فإن فني النماذج يوضع كل أبعاد النموذج باستعمال مسطرة خاصة تسمى بمسطرة الانكماش على سبيل المثال جزء مسبوك من حديد الزهر طوله متر واحد ، يتقلص بمقدار (9) ميليمتر .. هذا يعنى أن جزء طوله (1009)ميليمتر يصل طوله بعد الانكماش إلى (1000) ميليمتر.. أي (1) متر.

لذلك فإن مسطرة الانكماش في حديد الزهر تصنع بحيث يكون طولها الفعلي (1009) ميليمتر ، وتقسم المسطرة على أجزاء متساوية على أساس أن طولها متر واحد كما لو كانت مسطرة عادية. وفي حالة النحاس الأصفر والمعادن الأخرى فإنه يتم تعويض الانكماش في الطول على مساطر أخرى بنفس الكيفية طبقاً لنسبة الانكماش بكل معدن.

2 - سماح التشغيل (Machining Allowance)

تُضاف أبعاد الى السطوح الخارجية للمشغولات المصنعة بالسباكة الرملية , كما تخفض أبعادها الداخلية ، وذلك لأجراء عمليات التشطيب باستخدام آلات القطع المختلفة وتختلف قيم هذه الأبعاد تبعاً لنوع المعدن المراد تشكيله وبصورة عامة فإن قيمة سماح التشغيل للمسبوكات الحديدية المختلفة لكل بعد هي (3) ميليمتر ، أما قيمتها في المسبوكات اللاحديدية فهي (1.5) ميليمتر.

3 - سماح السحب (Draft Allowance)

عند سحب النموذج من القالب ، قد تتسبب السطوح العمودية في انهيار أو تشويه شكل الفجوة المشكلة ، ويمكن تلافي ذلك من خلال تصنيع السطوح الرأسية بالنموذج بإستدقاق (بزاوية ميل بسيطة من 1 إلى 3 درجات) ، وذلك لتهيئة سماح بين النموذج والقالب الرملي في اللحظة التي يبدأ فيها سحب النموذج.

4 - دوران الأركان (Rounding Corners)

يُراعى تجنب تصنيع النموذج بأركان حادة ، لتجنب انهيار القالب عند سحب النموذج . لذلك يجب تصنيع النماذج بصفة عامة بحيث تكون أركانها مستديرة.

5 - ركائز اللب (Core Prints)

عند سباكة مشغولة بها تجويف ، فأنه يجب تشكيل لُب من الرمل له شكل وأبعاد التجويف ، مع الأخذ في الاعتبار الأبعاد المعادلة لحساب السماحات اللازمة ،كما يجب تزويد النموذج بركائز لكي تعمل على صنع فجوة يرتكز عليها اللُب، وذلك لضمان دقة وصنع اللُب بالنسبة لفراغ النموذج .

6 - خط الفصل (Parting line)

عند تصنيع النموذج المكون من جزأين يراعى اختيار سطح الاتصال بحيث يمكن تجميع كلا الجزأين مع بعضهما البعض بسهولة عن طريق أعمدة التثبيت بكل منهما.

كما يؤدى هذا السطح وهو سطح الاتصال والانفصال على إخراج كلا جزئي النموذج من جزئي القالب الرملي بسهولة.

6 – 5 عناصر منظومة الصب والتغذية

يُقصد بالمصبات بأنها الفتحات والمجاري التي تعمل داخل القالب ومن خلالها يدخل المعدن المنصهر ليملأ فراغ القالب الرملي ويراعى عند عمل المصبات ان تحقق الشروط الاتية :

1- **يجب أن تكون مساحة مقطع الصب مناسبة لحجم ووزن المسبوك المراد انتاجه بحيث يؤمن ملئ الفراغ بالمعدن المنصهر في وقت قصير دون حدوث دوامات به .**
2- **يجب اختيار المصب في مكان مناسب بحيث لا يسبب تهدم الرمل اثناء عملية الصب .**
3- **ان تعمل على منع دخول الخبث الى فراغ القالب الرملي .**

تتكون منظومة الصب مما يأتي :

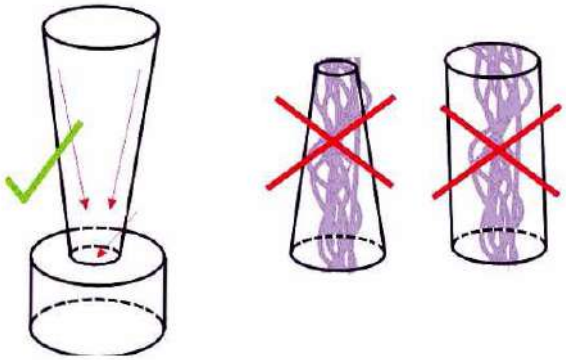
1- قدح الصب (Pouring cup) :

هو عبارة عن حوض يُصب فيه منصهر المعدن ويدخل من الفتحة المتجهة الى أسفل وينحت في الجزء العلوي للقالب الرملي او يشكل باليد باستعمال العدد اليدوية للسباكة ويعمل على التقليل من طرطشة المعدن المنصهر أثناء عملية الصب وكذلك يساعد على دخول المعدن النظيف فقط الى الفتحة (القناة) .

2- طريق المعدن (المصب) (Sprue) :

وهي عبارة عن قناة (مصب) تقوم بتوصيل المعدن المنصهر من قدح الصب الى المجرى

ويمكن تشكيلها من الخشب او المعدن ويراعى عند تصميمها ان تكون ذات شكل مخروطي وكما مبين بالشكل ادناه :



الشكل (6 – 5) الوضع الصحيح لقناة الصب

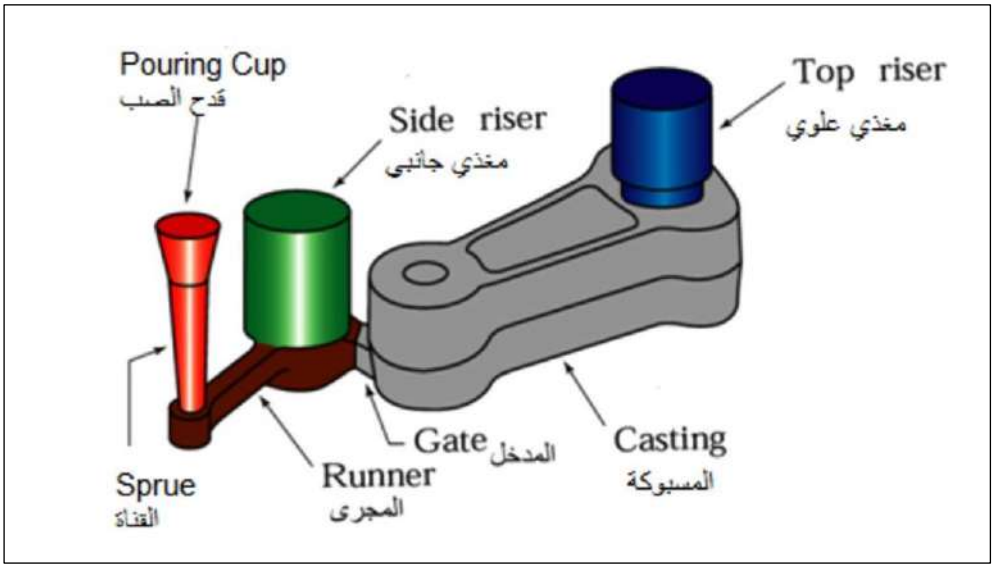
3- المجرى الرئيس (Runner) :

وهو عبارة عن مجرى يستعمل لنقل المعدن المنصهر من قناة المصب الى فراغ النموذج المراد سبكه ويراعى عند التصميم سهولة قطعه وفصله عن المسبوك .

4- المدخل (البوابة) (Gate) :

وهي فتحات او بوابات تصل بين المجرى الرئيس وفراغ النموذج وتستعمل لتغذية مسبوك واحد او مسبوكات عدة.

5- المصعد والمغذي (Feeder & Riser)



الشكل (6 – 6) منظومة الصب

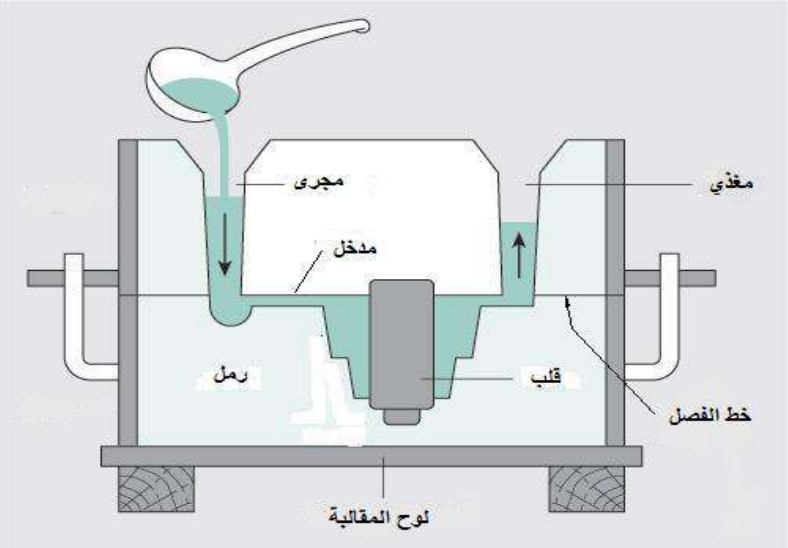
أنواع المصبات :

1- **مصبات خط الفصل** : وهي المصبات التي تنفتح فيها المجاري الداخلية (المدخل) عند خط الفصل لنصفي لصندوق المقالبة, ويمكن فتحها باليد بوساطة إحدى أدوات القشط ويجب ان يكون قطر المصب الذي يتصل بالمجرى الرئيس أصغر من قطره الذي يتصل بحوض الصب .

2- **المصبات العلوية** : وهي عبارة عن مجموعة من القنوات الرقيقة على شكل مجاري رأسية تشكل أعلى التجويف لتوصيل المعدن المنصهر من قدح الصب إلى فراغ التجويف وغالباً ما يستعمل هذا النوع من المصبات عندما يكون سمك المسبوكة قليلاً والمساحة السطحية كبيراً .

3- **المصبات الجانبية** : هذا النوع من المصبات يوضع في أحد جوانب التجويف أما على هيئة قناة واحدة او مجموعة قنوات تسمح بمرور المعدن المنصهر بسهولة الى التجويف وبصورة عامة يجب أن يكون موقع هذه القنوات قرب المقاطع السميكة من المصبوبات.

4- **المصبات السفلية** : في المسبوكات الكبيرة والعميقة لا يمكن عمل مصبات من الأعلى حيث ان المعدن المنصهر يسقط لمسافة كبيرة داخل التجويف وهذا ما يؤدي الى تفتت الرمل وحدوث تشوهات للمسبوكات لذلك يتم عمل قنوات تتصل بقاع التجويف ويجب ان تكون هذه المصبات منحنية وتستعمل غالباً في صناعة التروس .



الشكل (6 – 7) دخول المعدن المنصهر في منظومة الصب

المغذيات (Risers) :

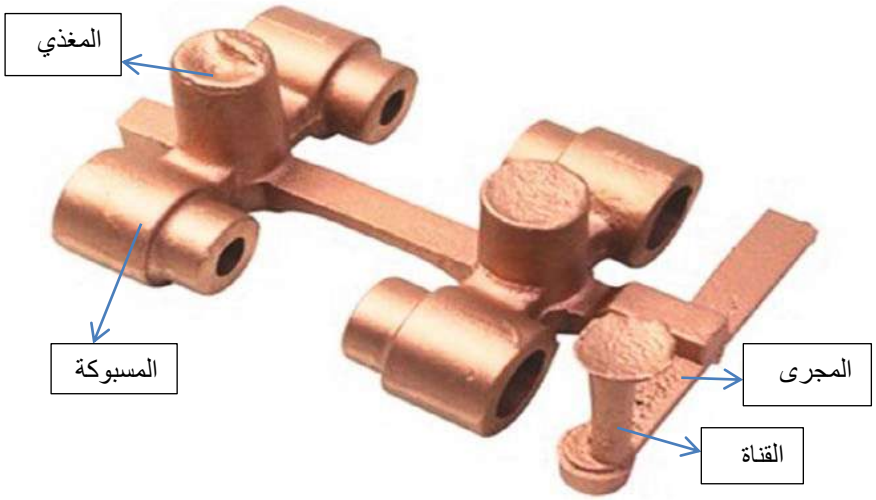
عند انصهار المعادن وتحولها من الحالة السائلة الى الحالة الصلبة (التجمد) نجد ان المسافات بين الجسيمات تتقارب كي يحصل التماسك بينها اثناء فترة التجمد , ونتيجة هذا التقارب فان حجم السائل المعدني يقل مما يؤدي الى حدوث عملية الانكماش .

ان انكماش المعادن يقع في حدود المراحل التالية :

1- **عندما تكون درجة حرارة المعدن المنصهر مرتفعة جداً .**
2- **اثناء تحول المعدن من الحالة السائلة الى حالة التجمد .**
3- **عندما يكون منجمداً .**

عند صب المعدن المنصهر في القالب الرملي فان فقدان الحرارة يبدا من خلال جدران القالب وتتكون القشرة الخارجية بعد تجمد الجزء الخارجي من السائل الملامس لجدران القالب .

من المعروف ان المعادن يحدث لها انكماش اثناء التجمد ويختلف معدل الانكماش من معدن الى أخر , حيث نجد إن حديد الزهر أقل المعادن انكماشاً بينما الصلب وبعض المعادن اللاحديدية لها معدلات انكماش عالية لذا لا بد من وجود مغذي لكي يقوم بعملية تغذية المسبوك اثناء تجمده لتعويض الانكماش الذي قد يحصل إضافة الى ذلك فان المغذي يساعد على خروج الغازات في بداية عملية الصب ويمثل أحد العلامات الدالة على ملئ فراغ القالب بالمعدن المنصهروكما مبين بالشكل (6-8), ولكي تتم عملية التغذية على الوجه الأكمل لابد أن يكون زمن تجمد المغذي أطول بـ (30 %) عن زمن تجمد المسبوك .



الشكل (6 – 8) منظومة الصب لمسبوكة من البرونز

وفيما يأتي الأهداف من استعمال المغذيات :

1- بيان ملئ فراغ القالب بالمعدن المنصهر اثناء عملية الصب .

2- تغذية المسبوكة لتعويض نسبة الانكماش للمعدن اثناء التجمد .

3- تسهيل خروج الغازات أثناء الصب .

4- تقليل الضغط على صندوق المقالبة العلوي الناشئ من المعدن المنصهر .

وتقسم المغذيات حسب شكل مقطعها الى ما يأتي :

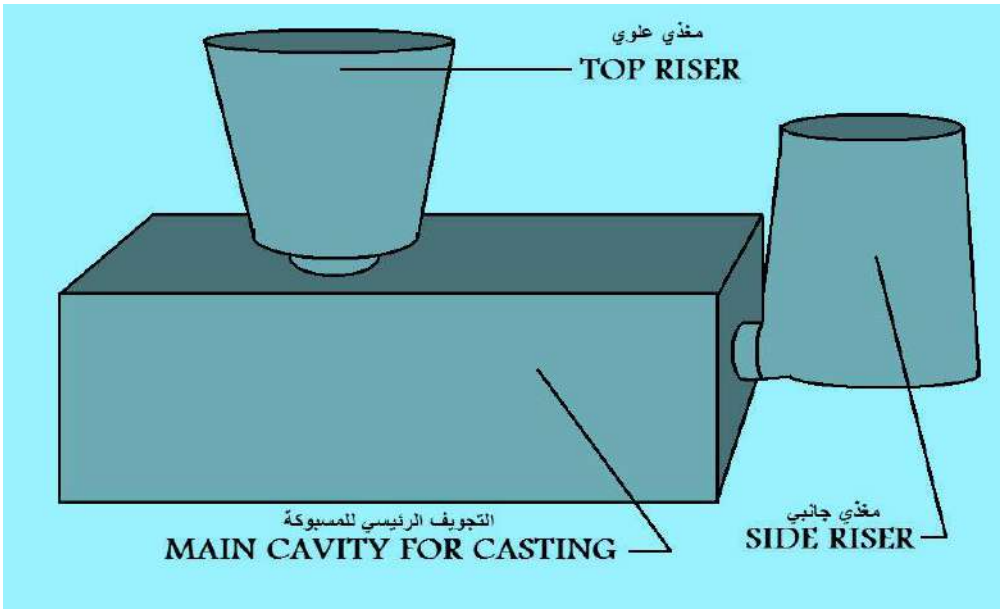
ا- مغذي مقطعه مربع .

ب- مغذي مقطعه مستطيل .

ج- مغذي مقطعه دائري .

د- مغذي مقطعه بيضوي .

وحسب طبيعة المغذيات فهي اما ان تكون مفتوحة او مغلقة (مدفونة داخل القالب الرملي) وكلا النوعين يثبت دائما فوق المناطق السميكة للمسبوك كما مبين في الشكل(6-9) .



الشكل (6 – 9) طريقة وضع المغذيات في تجويف القالب

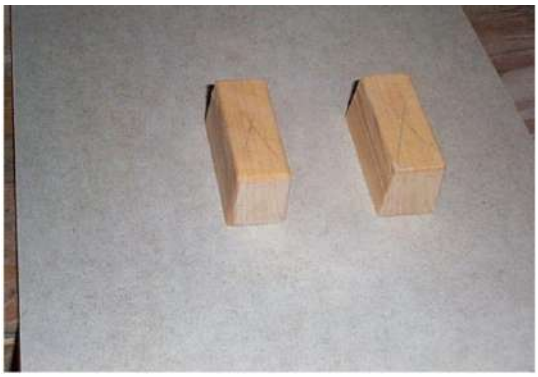
6 – 6 تجهيز القالب الرملي

يتكون قالب السباكة الرملي غالباً من نصفين يسمى النصف العلوي الغطاء أما النصف السفلي فيسمى الفرش , ولتجهيز قالب رملي لنموذج واحد أو اكثر ندرج أدناه الخطوات اللازمة لعمل القالب :

1 – تهيئة صندوق المقالبة المناسب المكون من نصفين تبعاً لحجم النموذج كما مبين في الشكل (6 - 10) (في الأشكال أدناه تم استعمال نموذجين في قالب واحد) .

2 - يوضع النموذج على لوحة المقالبة , كما مبين في الشكل (6 - 11)

الشكل (6 - 10)



الشكل (6 - 11)

3 – يوضع الجزء السفلي لصندوق المقالبة حول النموذج كما مبين في الشكل (6 - 12)

4 - يرش على النموذج رمل وجه ناعم حتى يغطي سطحه ثم يملئ برمل مسبك حشو خشن , يدك الرمل ليتماسك حول النموذج ويكشط الرمل الزائد ويسوى سطح الرمل باستعمال مسطرة مستوية كما مبين في الشكل (6 - 13)

الشكل (6 - 12)

الشكل (6 - 13)

5 - يقلب الفرش فيظهر سطح النموذج الى الاعلى كما مبين في الشكل (6 - 14)

6 - يوضع الجزء العلوي لصندوق المقالبة فوق السفلي . بعدها يُرش سطح الفرش بطبقة خفيفة من الرمل الجاف ثم يوضع عمود الصب في المكان المناسب ثم يرش رمل وجه ناعم ثم رمل حشو خشن ويدك دكاً جيداً كما مبين في الشكل (6 - 15)

الشكل (6 - 14)

الشكل (6 - 15)

7 – يعمل قدح الصب على السطح العلوي للغطاء كما مبين في الشكل (6 - 16)

8 - يرفع عمود الصب من الغطاء ثم يرفع الغطاء ويقلب ويوضع جانباً كما مبين في الشكل (6 – 17) .

الشكل (6 - 16)

الشكل (6 – 17)

9 - يُحرك نصفي النموذج في القالب الرملي برفق وينزع من مكانه الشكل (6 – 18) .

10 - عمل مجاري داخلية تصل بين فتحات مجرى الصب وفراغ النموذج الشكل (6 – 19)

الشكل (6 – 18)

الشكل (6 – 19)

11 - يُنظف القالب جيداً بعدها يغلق نصفي صندوق المقالبة بوضع الغطاء فوق الفرش (النصف العلوي فوق النصف السفلي) ثم يحكم بالأوتاد والماسكات ويكون القالب جاهزاً للصب بعد تجفيفه . كما مبين في الشكل (6 – 20) .

12 – بعد تجمد المعدن تُنزع المسبوكة من الرمل كما مبين في الشكل (6 – 21)

الشكل (6 – 20)

الشكل (6 – 21)

13 – تُنظف المسبوكة من الرمال ثم يقطع المصب والزوائد لنحصل على المنتج كما مبين في الشكل (6 - 22)

الشكل (6 - 22)

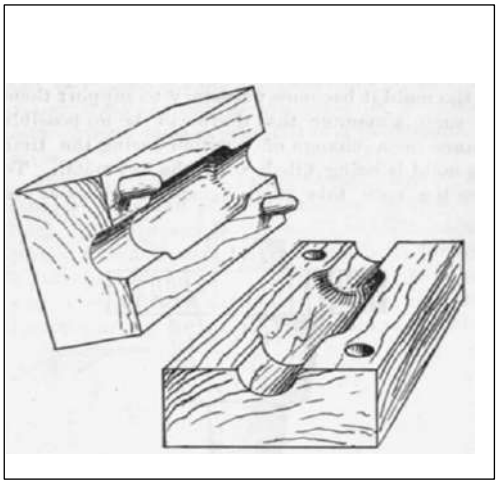
صُنع اللُب (القلب) (Core making) :

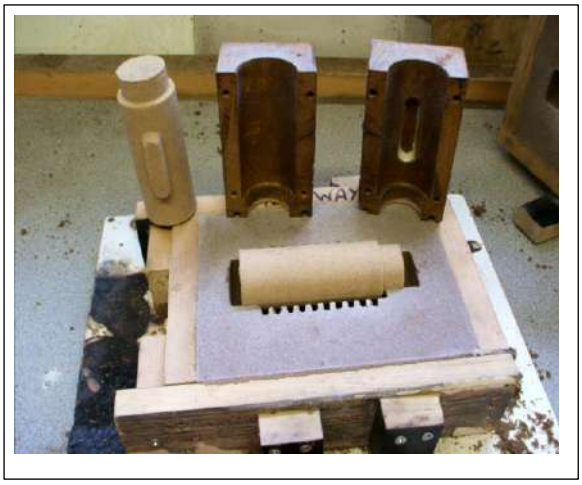
تُستعمل الألباب لتشكيل الفراغات الداخلية للمسبوكات والتي من الصعب تكوينها بالنموذج واللُب في السباكة الرملية يُقلل من عمليات التشغيل على الماكنات .

وتُصنع أغلب الألباب من الرمال بخلطات معينة تمتاز بسهولة تكسيرها بعد الانتهاء من عمليات الصب وذلك لتسهيل عملية تنظيف المسبوكات .

ويُستعمل في تصنيع الألباب المواد الرابطة العضوية في أغلب الأحيان نظراً لأن هذه المواد الرابطة تمتاز عند تحميصها بقوة تماسكها في درجة حرارة حتى عند 400 درجة مئوية ولكن عند ارتفاع درجة الحرارة عن هذا الحد تتحلل المادة الرابطة مما يسهل عملية تكسيرها وهذا هو أحد الأسباب الهامة لاستعمال هذا النوع من المواد الرابطة لذلك يتم تحميص الألباب في الغالب في افران تحميص لا تزيد درجة حرارتها عن 280 درجة مئوية , بجانب ذلك يجب ان تمتاز خلطات رمال الألباب بخاصية تحمل درجات الحرارة العالية دون انصهار .

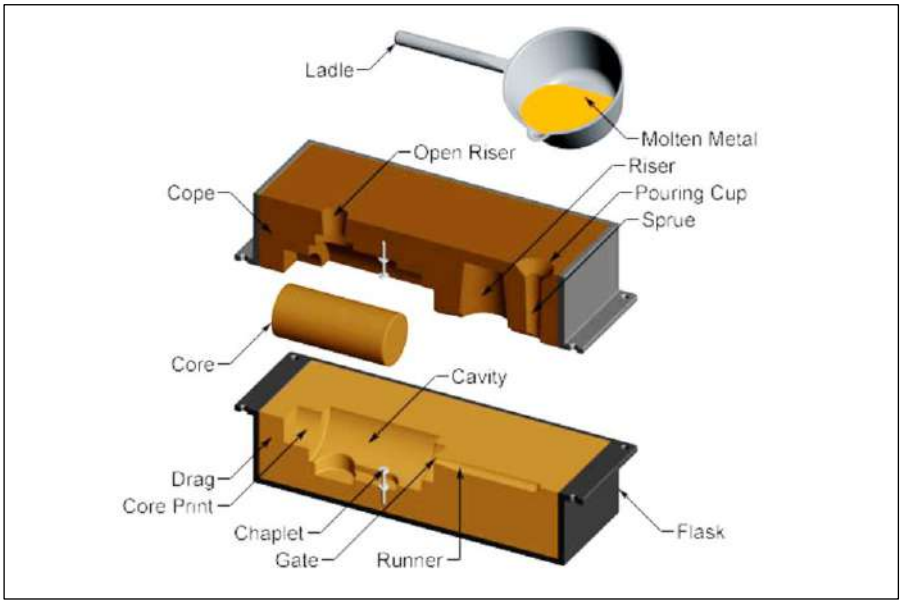
الشكل (6 – 23) يمثل صندوق اللُب والشكل (6 – 24) يمثل صندوق اللُب وطريقة وضع اللُب في القالب الرملي .



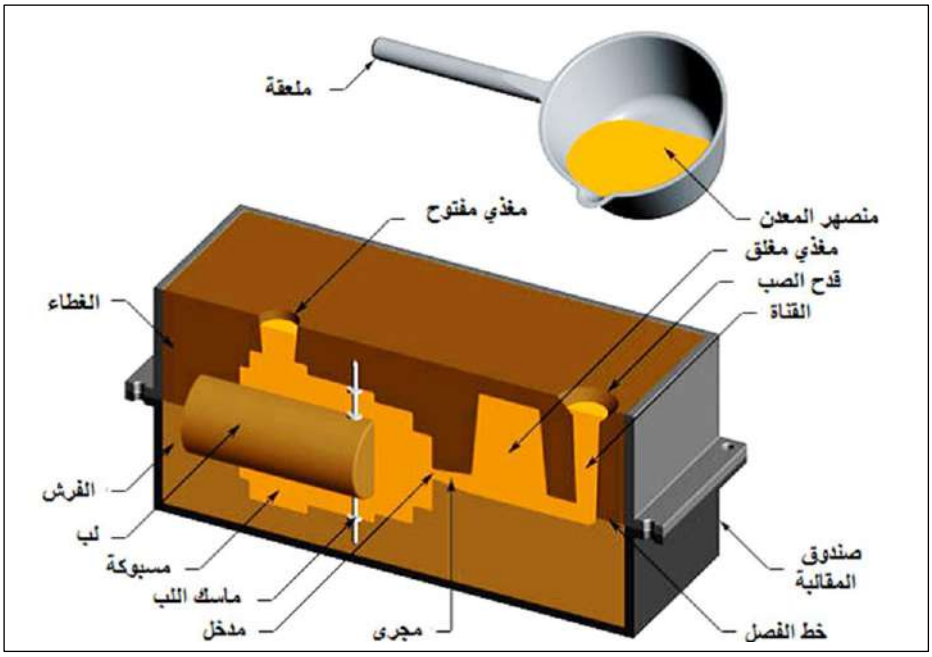


الشكل (6 – 23) صندوق اللب الشكل (6 – 24) يوضح طريقة وضع اللب في القالب الرملي

يتم تجهيز الألباب ذات الأشكال المنتظمة وغير المنتظمة داخل صندوق يدعى صندوق اللُب (core box) وهذا الصندوق يتكون من نصفين أو أكثر وتتم عملية تصنيع اللُب بوساطة ملئ الفراغ بين نصفي الصندوق بالرمل الخاص باللُب مع الدك اليدوي أو الآلي بعد ذلك يتم اخراج اللُب من الصندوق ويحمص وبعد ذلك يكون جاهزاً لوضعه داخل القوالب الرملية .



الشكل (6 – 25) يبين اللُب قبل تثبيته داخل القالب



شكل (6 – 26) يبين طريقة تثبيت اللُب داخل القالب الرملي

6 – 7 تجفيف القالب الرملي

من أهم العوامل التي تؤثر في نظافة المسبوكات الرملية وصلاحيتها هو عملية التجفيف , وتتوقف درجة الحرارة اللازمة للتجفيف على نوع الرمل المصنوعة منه القوالب الرملية وكذلك على حجم المسبوكات المطلوبة ويجب ان تكون درجة التجفيف معتدلة ومتجانسة تجنباً لحرق الطين الموجود في الرمل والذي يؤدي أحياناً الى تفكك القالب الرملي مما يؤدي الى انهياره ويمكن تلخيص فوائد التجفيف بما يلي :

1- **التخلص من الرطوبة التي تتسبب في سد المسامات الموجودة في الرمل وحدوث تشوهات في المسبوكة .**
2- **زيادة المسامية داخل القالب الرملي لضمان خروج الغازات من احتراق بعض المواد الداخلة في تركيب الرمل كالفحم ونشارة الخشب .**
3- **تماسك أجزاء القالب الرملي مما يساعد على تحمل ضغط المعدن المنصهر عند الصب.**

طرق التجفيف :

ا- التجفيف بالمشعل النفطي او الغازي .

ب- التجفيف بالأفران الثابتة .

ج- التجفيف بالأفران المتنقلة .

6 – 8 صهر المعدن (Metal Melting) :

تُعد عملية صهر المعادن وإجراء عملية الصب بالطرق الصحيحة من أهم العوامل للحصول مسبوكات جيدة ، ويجب صهر المعدن دفعة واحدة ، وليس على مراحل متقطعة، وفصل الخبث عن المسبوكات ، كما يجب أن تتميز السبائك المستعملة بخواص جيدة.

تتم عمليات الصهر في المسابك في مجموعة من الأفران المختلفة تتناسب مع نوع المعدن المراد صهره مثلا مسبوكات الصلب يتم صهرها في الأفران الكهربائية عامة وذلك للحصول على مسبوكات على درجة عالية من الجودة ومن أهم هذه الأفران هي أفران القوس الكهربائي وافران الحث .

أما بالنسبة لمسبوكات الزهر فيتم استعمال أفران الدست .

المعادن اللاحديدية يتم صهرها في أفران عدة مثل الأفران الكهربائية او الأفران الدوارة او الأفران المفتوحة والتي توجد عادة في المسابك الكبيرة وبجانب ذلك توجد مجموعة من الأفران الصغيرة والتي تستعمل في ورش السباكة مثل أفران البوادق الثابتة او المائلة .

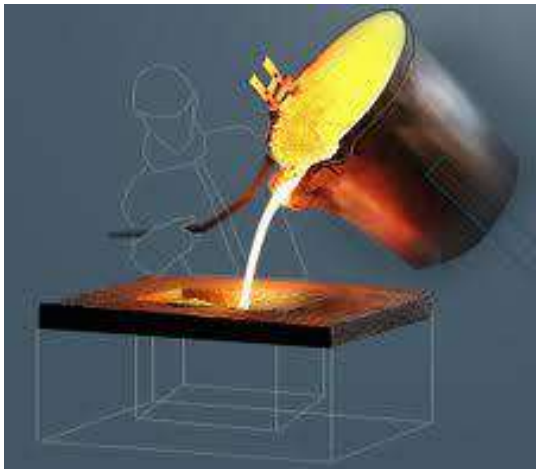
أثناء عملية صهر المعادن يجب معالجتها بالمواد اللازمة (مساعدات الصهر) لأجراء عمليات الأكسدة والإختزال ويجب التأكد من الوصول الى التركيب الكيميائي المطلوب للمعدن مع التأكد من درجة حرارة صب المعدن المنصهر .

6 – 9 صب المعدن المنصهر (Pouring of Molten Metal)

يُصب المعدن المنصهر في فراغ النموذج المُعد بالقالب مع ملاحظة أن يكون معدل تدفق المعدن المنصهر بتغذية مناسبة ومستمرة بدون انقطاع.

ان معدل الصب هو الذي يحدد الوقت اللازم لملأ تجويف القالب من خلال منظومة الصب وقد لاحظ الكثير من السباكين ان هناك وقتاً معيناً يجب ان تستغرقه عملية الصب , فالصب بسرعة عالية يساعد على سحب الخبث الى داخل تجويف القالب وقد يسبب تآكل القالب واحتوائه على الغازات كما انه قد يؤدي الى تهدم جزء من الرمل عندما يمتلئ فجأة .

أما الصب بسرعة منخفضة اي عندما تستغرق عملية الصب وقتاً طويلاً فأن تدفق المعدن المنصهر يكون متقطعاً وتزداد برودته وهذا ما يؤدي الى انسداد في منظومة الصب مما يؤدي الى فشل المنتج ومن البديهي ان الوقت اللازم للصب يتأثر بحجم المسبوك وكذلك بطريقة تصميم منظومة الصب ووضعها في المكان المناسب .



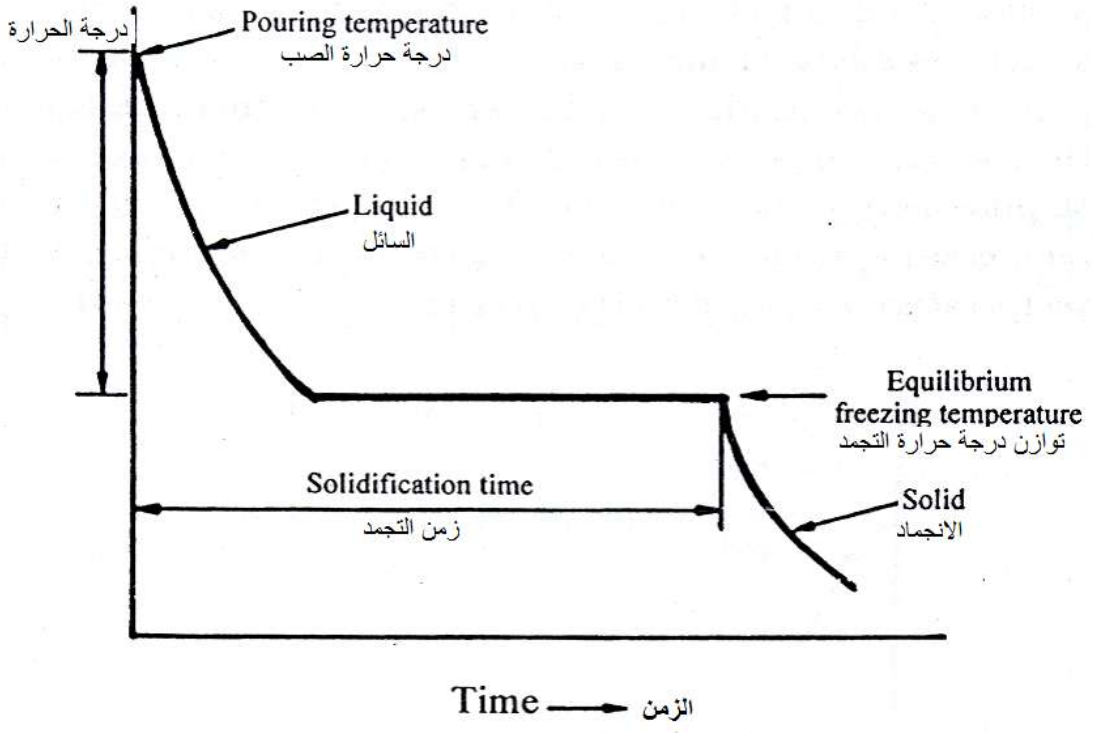
الشكل (6 – 28) يبين طريقة صب المعدن المنصهر في القالب باستخدام البودقة

إن الطريقة المألوفة في معظم المسابك هي الاحتفاظ بفتحة الصب (قدح الصب) ممتلئة اثناء عملية الصب .

الأشكال (6 – 29) , (6 – 30) , توضح تسلسل عمليات صب المعدن المنصهر يدوياً في قالب رملي .

الشكل (6 – 29)

الشكل (6 – 30)



مخطط يمثل العلاقة بين درجة حرارة الصب وزمن التجمد

وكثيراً ما يستعمل قلب التصفية (مرشح) وهو عبارة عن جسم مثقب على هيئة مصفاة (Filter) مصنوع من مادة حرارية مثل الخزف او من معدن درجة انصهاره عالية يوضع في قدح الصب او عند قاعدة المصب والغرض منه تنظيم تدفق المعدن المنصهر وكذلك لمنع دخول الخبث أثناء عملية الصب وكما مبين في الشكل(6-32) :

الشكل (6 – 31) يبين أنواع قلوب التصفية

6 – 10 نزع المسبوكة من القالب وتنظيفها

(Removing and Cleaning of Casted Piece)

بعد تجمد الجزء المسبوك تمامًا ووصول تبريده إلى الدرجة المناسبة ، يكسر القالب الرملي عن طريق ماكينات هزازة خاصة ، ويمكن الاستفادة من رمل القالب واستعماله بعد خلطه مرة أخرى . ومن تكسير القالب الرملي يظهر الجزء المسبوك المنتج ملتصقا به رؤوس التغذية (قناتي الصب والمصعد) ، كما يوجد على أسطحه قدرًا من الرمل المحترق والملتصق به , وتجرى عملية تنظيف الجزء المسبوك على مرحلتين هما :-

المرحلة الاولى :

تَشتمل على إزالة (فصل) قنوات التغذية وأي زوائد أخرى ، ويستعمل لهذا الغرض مطارق مناسبة للطرق – مناشير يدوية – قرص التجليخ القاطع – ماكينات القطع باللهب (الأوكسجين والأسيتيلين) .. ولتجنب مثل هذه العمليات التي قد تؤثر على الجزء المسبوك عند إزالة رؤوس التغذية ، يفضل تصغير أقطار مداخل مجارى قناتي الصب والمصعد عند إعداد القالب الرملي .. بحيث يكون بشكل مخروطي (قطره الأصغر ملاصقا بالجزء المصبوب)، أو بأي شكل يسهل إزالته بالطرق بعد تجمده.

المرحلة الثانية :

تشتمل على إزالة الرمل المحترق والملتصق بسطوح الجزء المسبوك ، وتتم هذه العملية بإحدى الطرق التالية :-

(أ) يوضع الجزء المسبوك على ماكينة هزازة وذلك للتخلص من الرمل الموجود بالفراغات الداخلية وما بها من اللُباب (قلوب) .

(ب) تقليب المسبوكات عن طريق ماكينات تحتوي على طواحين أو براميل خاصة ، بحيث ترتب المسبوكات بأوضاع تمنع الحركة بين القطع تجنباً لكسرها، وتُضاف قطع صغيرة على شكل كُرات معدنية ، تُساعد على عملية تَنظيف المسبوكات وتلميعها أثناء دوران البرميل ، بالإضافة إلى التخلص من الزعانف والزوائد الأخرى ، كما تؤدي هذه العملية إلى تخفيض الاجهادات الموجودة في المسبوكات بعد تجمدها، والتي تنشأ نتيجة تقلصها من حالة الانصهار إلى حالة التجمد .

(ج) التنظيف بطريقة القذف بالرمل ، حيث يتم تنظيف المسبوكات بهذه الطريقة باستعمال مسدس هواء مضغوط قاذف حيث يمر الهواء المضغوط من خلال غرفة بها خليط من الرمل ومجروش معدني يندفعان بصورة عاصفة قوية شديدة ، وتسلط على المسبوكات فتنظفها وبعد الانتهاء من عملية تنظيف المسبوكات من الرمل الملتصق بها ، تهذب بأماكن كسر المصبوبات والزعانف والزوائد غير المرغوب فيها.

6 – 11 فحص المسبوكات (Casting Inspection)

تُجرى عملية فحص للمسبوكات بعد الانتهاء من تنظيفها ، وتعتمد طريقة الفحص على المواصفات الفنية الموضوعة، ومن الطبيعي كلما كانت المواصفات أكثر دقة أرتفع ثمن المنتج. وتتفاوت عمليات الفحص وذلك حسب أهمية المسبوكات المنتجة والتي تتضمن إحدى أو كل العمليات التالية :-

1- الفحص البصري (Optical Inspection) :

تكتشف العيوب بمجرد النظر للمسبوكة مثل الشروخ ، أو عدم اكتمال المسبوك، أو عدم تطابق المسبوك مع الشكل المطلوب وما شابه ذلك من عيوب.

2- الفحص بأدوات القياس (Inspection By Measuring Tools) :

تراجع الأبعاد والأقطار باستعمال أدوات القياس المناسبة.

3- الفحص الكيميائي (Chemical Inspection) :

للتأكد من مطابقة المواصفات الكيمياوية للمعدن المسبوك مع المواصفات المطلوبة .

4- الفحص الميكانيكي (Mechanical Inspection) :

للتأكد من اكتساب المسبوك الصفات الميكانيكية المطلوبة .

5- الفحص المجهري (Microscopic Inspection) :

هذا الفحص يكشف عن العيوب المرتبطة بالطبيعة الفيزياوية للمعادن والسبائك .

6- الفحص بالأشعة السينية (X – Ray Inspection) :

يستعمل للكشف عن العيوب الداخلية مثل فجوات الانكماش والفجوات الغازية الداخلية .

7- الكشف بالموجات فوق الصوتية (Ultrasound Inspection) :

يستعمل عادتاً للكشف عن العيوب الداخلية للمسبوكات مثل الشوائب او حبيبات الرمل المتغلغلة في داخل المسبوكات وكذلك الفجوات المختلفة .

8- الكشف بالجسيمات المغناطيسية (Magnetic Particles Inspection) :

يستعمل للكشف عن التشققات الرقيقة والمسامية الغازية على سطوح المسبوكات .

أسئلة الفصل السادس

س1: عدد العمليات الأساسية للسباكة الرملية؟

س2: ما المتطلبات الأساسية لعمل نموذج ؟

س3: ما الغرض من عمل سلبة النموذج ؟

س4: وضح بالرسم الشكل الصحيح لقناة الصب ثم عدد أنواع المصبات ؟

س5: ما أنواع المغذيات وما الغرض من عملها ؟

س6: مافائدة اللُب, ولماذا تحمص بدرجة حرارة(280) مئوية؟

س7: عدد طرق مراحل تنظيف المسبوكات؟

س8:عدد طرق تجفيف المسبوكات ؟

س9: ما المقصود بقلوب التصفية , وما الغرض من استعمالها؟

س10: عدد طرق فحص المسبوكات ؟

اهم المعادن المستعملة في الصناعة

رموزها وكثافتها النسبية ودرجة حرارة انصهارها

المعدن او السبيكة	الرمز	الكثافة النسبية غرام / سم3	درجة حرارة الانصهار/ C^0
الومنيوم	AL	2.7	660
بزموث	Bi	9.8	271.3
كروم	Cr	7.1	1890
كوبلت	Co	8.9	1490
نحاس	Cu	8.9	1083
ذهب	Au	19.3	1063
حديد	Fe	7.9	1530
رصاص	Pb	11.3	327
زئبق	Hg	13.6	388
نيكل	Ni	8.9	1458
بلاتين	Pt	21.4	1773
فضة	Ag	10.5	960
قصدير	Sn	7.3	232
تيتانيوم	Ti	4.5	1725
تنجيستن	W	19.1	3370 - 3410
خارصين	Zn	7.1	419.5
ماغنيسيوم	Mg	1.7	650
براص	Brass	8.9	820 - 900

Technical Terms Relating to Metal Forming Processes

(English – عربي)

Compressed air	هواء مضغوط	Accessories	ملحقات
Cement –bonded sand	رمل اسمنتي	Air hummer	مطرقة تشغيل بالهواء المضغوط
Centrifugal compacting	صب بالطرد المركزي	Alignment	محاذاة
Chipping hammer	مطرقة تاجين	Allowance	تسامح
Chisel	مقطع (اجنة)	Alloy	سبيكة
clamp	قامطة	Alloy Steel	سبيكة صلب
clay	طفل,طين	Annealing	تخمير حراري
continuous furnace	فرن متواصل	Arc welding	قدح القوس
Core	لب (كور)	Automatic	اوتوماتيك
Corrosion	تاكل كيماوي	Band saw	منشار شريطي
Cross-section	مقطع مستعرض	Batch Furnace	فرن دفعة
crucible	بودقه	Bearing	كرسي
crucible furnace	فرن بوادق	Bell-type annealing furnace	فرن تخمير اسطواني
cupola	فرن الدست	Binder	مادة رابطة
die	قالب تشكيل (اسطمبة)	Blower	منفاخ
Die casting	الصب في قوالب معدنية (اسطمبات)	Cable	كيبل , شريط
Direct extrusion	بثق مباشر	Carbone-arc welding	لحام بالقوس الكاربوني
drawing	سحب	Carbon steel	صلب كاربوني
Drilling	تثقيب	Cast Iron	حديد زهر
Dry sand	رمل جاف	Cavity	فجوة
edge	حافة	Coating	تغليف
efficiency	كفاية	Coke	فحم
Electric arc welding	لحام بالقوس الكهربائي	Cold chamber machine	ماكنة ذات غرفة باردة

Hummer	مطرقة	Electrode	الكترود(قطب)
Hand forging	حدادة يدوية	Extrusion	بثق
Hand forming	تشكيل يدوي	Extrusion die	قالب بثق
Hardened steel	صلب مصلد(مقسى)	Filling	برادة
Hardness	صلادة	Finishing	تشطيب
Heattreatment	معاملة حرارية	Flame	لهب
High-Carbone steel	صلب عالي الكربون	Flange	وصلة مشفهة
Hallow	مجوف	Flash welding	لحام وميضي
Hot chamber machine	ماكنة ذات غرفة ساخنة	Flask	اطار ساند
Hot drawing	سحب على الساخن	Flat die	قالب تشكيل مسطح
Hot rolling	درفلة على الساخن	Forge welding	لحام حدادة
Hot working	تشكيل على الساخن	Forging	حدادة , مطروقة
Hydraulic press	مكبس هيدرولي	Forming	تشكيل
Impact extrusion	بثق بالصدم	Forming by electrical charge	تشكيل بالتفريغ الكهربي
Impact strength	مقاومة بالصدم	Forming machine	ماكنة تشكيل
Impurities	شوائب	Foundry	مسبك
Indirect extrusion	بثق غير مباشر	Fracture	تصدع
Induction furnace	فرن حث كهربائي	Friction	احتكاك
Ingot	كتلة (خام)	gate	مصب
Jaw	فك	gauge	محدد قياس
Jolt machine	ماكنة هازة	Gear	ترس
Load	حمل	Grain	حبيبة
Lost-wax casting	صب بطريقة الشمع المفقود	Graphite	جرافيت
Lubricant	مادة مزلقة , مادة تزليق	Graphite-mold casting	صب في قوالب كرافيت
Lubrication	تزليق	Grinding machine	ماكنة تجليخ

Porosity	مسامية	Mechanical forging press	مكبس حدادة ميكانيكي
Pouring basin	حوض صب	Mechanical press	مكبس ميكانيكي
Pouring Spout	فوهة صب	Metal-arc Welding	لحام بالقوس المعدني
Powder	مسحوق	Metal casting	صب(سباكة) المعادن
Process	اسلوب	Metal extrusion	بثق المعادن
Production	انتاج	Metal flow	انسياب المعادن
Purity	نقاوة	Metal working	تشكيل المعادن
Rammer	مدك	Metallic powder	مساحيق معدنية
Ramming of sand	دك الرمل	Microscopic	مجهري
Reduction	اختزال	Milling	تفريز
Refractory brick	طابوق حراري	mold	قالب
Reheating furnace	فرن اعادة تسخين	Mold cavity	فجوة القالب
Riser	مصعد , فتحة صاعدة	Nonmetallic	لا فلزي
Rolling	ماكنة درفلة	nozzle	فوهة
Rolling mill	ماكنة درفلة دوارة	open die	قالب تشكيل مفتوح
Rotary mill	مكبس دوار متعدد	open heat furnace	فرن مفتوح
Rubber forming	تشكيل بوسائد من مطاط	parent metal	المعدن الاصلي
runner	مجرى الصب	particles	جسيمات , حبيبات
Sandblasting	قذف (رش) بالرمل	permanent mold	قالب دائم
Sand casting	صب في قوالب رملية	permeability	نفاذية (قابلية التخلل)
Sand packing	كبس الرمل	pipe	ترس(بنيون)
Sand slinger	ماكنة قاذفة للرمل	piston	مكبس
sawing	نشر	plastic	عجيني, لدن
sealing	احكام غلق	plasticity	عجينية , لدونة
Sections	قطاعات	Plunger	كباس

Tube	انبوبة , ماسورة	Shaft	عمود دوران
Tumbling	تقليب	Shearing	قص
Tumbling mill	طاحونة تقليب	Shrinkage	انكماش
Turbulence	اضطراب	Silica sand	رمل السيليكا
Universal mill	ماكنة درفلة يونيفيرسال	Sintering	تلبيد
Upset forging	حدادة فلطحة بالكبس	Slab	بلاطة (كتلة مبططة)
Valve	صمام	Slag	خبث
Vertical Roll	درفيل راسي	Spongy	اسفنجي
Washer	حلقة معدنية	Sprue	فتحة صب
Weld metal	معدن اللحمة	Stainless steel	صلب عديم الصدأ
Weld	لحمة	Standard sieve	منخل قياسي
Weldability	قابلية التلاحم	Steam hummer	مطرقة بخارية
Welding	لحام	Strip mill	ماكنة درفلة الشرائط
welding equipment	معدات اللحام	Structure	بنية
Welding machine	ماكنة لحام	Surface hardening	تصليد السطوح
welding rod	سيخ لحام	Surfacing	تكسية سطحية
wire	سلك	Taper	استدقاق
Work hardening	تصلد بالتشكيل	Tensile force	قوة شد
Wrap forming	تشكيل باللف	Tensile strength	مقاوم الشد
Wrapping	تغليف	Tilting pot furnace	فرن بوتقي قلاب
Yield stress	اجهاد الخضوع	Titanium dioxide	ثنائي اوكسيد التيتانيوم
		Tolerance	تفاوت
		Tong	ملقط
		Tool steel	صلب العدد
		Tools	عدد

المصادر

1 – مصطفى كمال (فيزياء المعادن وتكنولوجيا السبائك المعدنية) , ايتراك للنشر والتوزيع / جمهورية مصر العربية , 2001

2- أ. ماليشيف , ج.نيكولاييف , ي.شوفالوف (تكنولوجيا المعادن) ترجمة الدكتور أنور الطويل , دار ((مير)) للطباعة والنشر , موسكو 1973 .

3- الدكتور أبراهيم محمود منصور , نوال عزت عبداللطيف ((استخلاص المعادن اللاحديدية)) الجامعة التكنلوجية , مطبعة دار الحكمة 1990 .

4- د. أحمد زكي حلمي (سباكة المعادن) الناشر الدار المصرية للعلوم - القاهرة ، مصر2000.

5- John R. Brown (Foseco Ferrous Foundryman's Hand book) Foseco International Ltd , 2000 , Replika Press Pvt Ltd .

6- R.S. KHURMI, J.K. GUPTA (a text book of workshop TECHNOLOGY) Volume 1 manufacturing Process, Third Edition 1987.

7- R.E. Smallman (modern physical metallurgy) Butterworth & Co (Publishers) Ltd , 2003

8- Moore, J.J. (Chemical Metallurgy) Butterworth & Co (Publishers) Ltd, 2004.

9- Casting Design Guide, Edited by Dr. Jerry Thiel , University of Northern lowa , USA,2000.

10 – Stephen D . Chastain (A Sand Casting Manual for the Small Foundry) , Vol . II , Copyright 2004 , USA .

11 – John Campbell , (Complete Casting Handbook , Metal Casting Processes , Metallurgy , Techniques and Design) , University of Birmingham , 2005 , USA .

والله الموفق