جمهورية العراق
وزارة التربية
المديرية العامة للتعليم المهني

التدريب العملي

الصناعي/ تكنولوجيا السباكة

الثالث

تـأليــف

الدكتور حازم حاتم عبد الكاظم

م.م جعفر محمد يديم

م.م عماد محمد حسين جواد

م.م امير خلف علي

المهندس وليد خليل خلف

الطبعة الاولى

1443هـ - 2021 م

بسم الله الرحمن الرحيم

المقدمة

يمتاز العصر الذي نعيش فيه بسرعة التطور والتغيير حيث يعد الإنفجار المعرفي من أهم سمات التطور في عصرنا الحالي مما أدى إلى التطور الكبير الذي حدث لأساليب التربية والتعليم بتطور الزمن وما طرأ عليه من تقدم علمي وثقافي، لذا فإن الحاجة الملحة إلى إتباع منهاج تدريسي جديد كفيل بنشأة طلاب منتجين ومشاركين وهنا يأتي دور المناهج الحديثة التي تواكب أغلب التطورات في الإختصاصات كافة. وعلى وفق التعليمات البناءة والمتواصلة والدعم الكامل الملموس من المسؤولين في المديرية العامة للتعليم المهني بهدف إعداد ملاكات فنية مدربة لمواكبة التطور في المناهج العلمية والنظرية متوافقة مع مواصفات التخصصات الفنية المختلفة تم تأليف هذا الكتاب، وقد وضعنا أيضا نصب أعيننا مستوى الطالب في المدارس المهنية عند تأليف هذا الكتاب حيث حاولنا جاهدين إخراج المعلومات للطالب بشكل ميسر وسهل مع الاحتفاظ بالقيمة الفنية والرصانة العلمية للمنهاج.

بتوفيق من الله عز وجل نقدم هذا الكتاب المتخصص في التدريب العملي والذي يتضمن ستة فصول حيث تناول الفصل الأول (تطبيقات على التحليلات الهندسية لعملية السباكة) نظرة عامة عن طرق السباكة، وتطبيقات عملية على تصميم القوالب التي إشتملت على مختلف أنواع المغذيات (الروافع) وأنظمة البوابات ومخططات تفصيلية للمنتجات والنماذج، و حالات دراسية لإختيار نوع المغذي، وتطبيقات عملية على زمن الإملاء والزمن الكلي لإنجماد المسبوكات بطريقة السباكة الرملية، ومقالبة وسباكة أشكال منتظمة مختلفة الأحجام من سبائك الألمنيوم والبراص، وتم التطرق الى التقنيات الحديثة لسباكة الريش التوربينة . وتناول الفصل الثاني (تطبيقات على سباكة سبائك حديد الزهر والفولاذ) أغلب التطبيقات المتداولة في سوق العمل. أما الفصل الثالث (تطبيقات على السباكة بالقوالب المعدنية) فقد تناول السباكة بالقوالب المعدنية ومميزاتها التطبيقية وإختلافها مع السباكة الرملية من الجانب العملي، وما هي أنواع السباكة بالقوالب المعدنية مع أخذ مجموعة جيدة من تمارين السباكة بالقوالب المعدنية. وكان الفصل الرابع (تطبيقات على السباكة المستمرة) يتضمن شرح أهمية السباكة المستمرة وكيفية العمل عليها وما هي أهم المعادن التي تنتج بهذا النوع من السباكة. أما الفصل الخامس (تطبيقات على السباكة بالطرد المركزي) الذي يعد من تطبيقات السباكة المستحدثة وإشتمل على أهم أنواع السباكة بالطرد المركزي بتقسيماتها الثلاث، الطرد المركزي الحقيقي وشبه الطرد المركزي والطرد المركزي البعيد عن المركز، مع أخذ مثال تطبيقي عن كل نوع وكيفية تهيئة المكائن باستخدام القوانين لإيجاد متغيرات هذا النوع من السباكة. وأخيرا وليس أخراً تناول الفصل السادس (تطبيقات على فحوصات المسبوكة) تناول أهم وأغلب العيوب المصاحبة لعملية السباكة وكيفية الكشف عنها وما أسبابها بصورة تطبيقية وما هي أهم الإختبارات التي تجرى على المسبوكات لضمان جودتها وكيفية نمذجة المنتوجات وعمليات إدخال السيطرة النوعية على هذا النوع من الصناعة.

وفي نهاية المطاف لا يسعنا إلا أن نشكر السادة المسؤولين في المديرية العامة للتعليم المهني للثقة التي أولونا إياها لوضع هذا الكتاب والسادة الذين أشرفوا على الخبرة العلمية واللغوية، كما نود أن نستمتع بآراء السادة مدرسي المادة ومقترحاتهم لأجل تحسين الكتاب في طبعاته القادمة إن شاء الله ..... والله ولي التوفيق

المؤلفون

2021م – 1443هـ

الفهرست

التسلسل	المحتويات	الصفحة
	المقدمة	3
الفصل الأول	تطبيقات على التحليلات الهندسية لعملية السباكة	6
	تمهيد	7
1-1	إختيار طريقة السباكة	7
2-1	نظام البوابة	17
3-1	المغذيات أو الرافعات	27
4-1	تطبيقات على زمن الإملاء والزمن الكلي للإنجماد	35
5-1	مقالبة وسباكة أشكال منتظمة مختلفة الأحجام من سبائك الألمنيوم والبراص	52
6-1	تطبيقات على أنواع الإنجماد	59
	أسئلة الفصل الأول	63
الفصل الثاني	تطبيقات على سباكة سبائك حديد الزهر والفولاذ	64
1-2	سباكة حديد الزهر	65
2-2	السباكة الآلية	84
3-2	تطبيقات على سباكة سبائك الفولاذ	87
	أسئلة الفصل الثاني	97
الفصل الثالث	تطبيقات على السباكة بالقوالب المعدنية	99
	تمهيد	100
1-3	مقارنة بين القوالب المستهلكة والدائمية	100
2-3	عملية السباكة بالقوالب المعدنية	107
3-3	تهيئة مكائن السباكة بالضغط بنوعيها البارد والساخن	114
4-3	السباكة بالضغط بالقالب المعدني (الساخن) لسبيكة الخارصين لعلبة تروس لغسالة ملابس	121
5-3	سباكة بالضغط بالقالب المعدني (البارد) لسبيكة الالمنيوم - سليكون	125
	أسئلة الفصل الثالث	131
الفصل الرابع	تطبيقات على السباكة المستمرة	132
1-4	السباكة المستمرة	133
	تمهيد	133

2-4	نبذة تاريخية	133
3-4	مزايا السباكة المستمرة	134
4-4	القيود أو المحددات في عملية السباكة المستمرة	135
5-4	تطبيقات السباكة المستمرة	135
6-4	الوصف العام للعملية	136
7-4	الخطوات العامة لعملية السباكة المستمرة	136
8-4	أنواع عمليات السباكة المستمرة	138
1-8-4	السباكة المستمرة المنحنية	138
2-8-4	السباكة المستمرة الأفقية	143
3-8-4	السباكة المستمرة العمودية	149
4-8-4	السباكة المستمرة للشريط	157
	أسئلة الفصل الرابع	159
الفصل الخامس	تطبيقات السباكة بالطرد المركزي	161
1-5	انواع السباكة بالطرد المركزي	162
2-5	السباكة بالطرد المركزي الحقيقية	162
3-5	تطبيقات على السباكة بالطرد المركزي الحقيقية	162
4-5	تطبيقات على سباكة شبه طرد مركزي	167
5-5	تطبيقات على سباكة طرد مركزي بعيد عن المركز	172
	أسئلة الفصل الخامس	177
الفصل السادس	تطبيقات على فحوصات المسبوكات	178
1-6	ملخص عن انواع العيوب	179
2-6	تطبيقات على الفحص البصري	188
3-6	تطبيقات على قياس الابعاد	189
4-6	تطبيقات على الفحوصات الاتلافية	192
5-6	تطبيقات على الفحوصات اللا اتلافية	198
6-6	النمذجة والسيطرة النوعية	202
7-6	تطبيقات على حماية البيئة	203
	أسئلة الفصل السادس	205

الفصل الأول

تطبيقات على التحليلات الهندسية لعملية السباكة

(Applications on the engineering analyzes of the casting process)

أهداف الفصل

بعد الإنتهاء من دراسة الفصل الأول سوف يكون الطالب قادراً على:

1- **تمييز الأنواع المختلفة للمغذيات (Feeders) أو الروافع (Risers).**

2- **تنفيذ مقالبة وسباكة أشكال منتظمة من سبائك الألمنيوم بتصاميم مختلفة للمغذيات (الروافع).**

3- **فهم التطبيقات المرتبطة بزمن الإملاء والزمن الكلي للإنجماد.**

4- **كيفية مقالبة وسباكة أشكال منتظمة مختلفة الأحجام من سبائك الألمنيوم وسبائك البراص.**

5- **فهم تطبيقات على أنواع الإنجماد.**

6- **فهم سباكة الأرياش التوجيهية للتوربينات.**

تمهيد:

تعتبر عملية السباكة أحد أهم طرائق التصنيع، وهي مسؤولة عن الأجزاء التي تغذي الحياة اليومية والإقتصاد والعديد من الصناعات. وقد إزدادت نسبة إنتاج المسبوكات لتصل عام 1991م إلى ما يقارب 90% من جميع السلع المعمرة المنتجة سنوياً، وهنالك عدد من القطاعات التي تعتمد بشكل غير مباشر على المسبوكات ومنها:

الدفاع والمعدات الحربية والسيارات والبناء والزراعة والفضاء والنفط والغاز (قطاع الطاقة) والتعدين والسكك الحديدية وأنابيب نقل المياه الثقيلة والمواصلات والرعاية الصحية.... الخ.

إن إنتاج المعادن بطريقة السباكة يعتمد على الشركات الصغيرة في الغالب وفي الواقع، تعمل 75٪ من شركات سباكة المعادن المحلية بأقل من 100 موظف وهذا يعطي بعداً أكبر لأهمية هذه الصناعة لأنه في العديد من الصناعات، يُعد حجم الشركة رمزاً للنجاح وتكافح العديد من الشركات المحلية الصغيرة لتحقيق النجاح في المنافسة.

1-1 إختيار طريقة السباكة:

عند مقارنة مختلف طرائق تشكيل المعادن، من المرجح أن تكون السباكة هي أفضل طريقة إذا كان الجزء المراد إنتاجه يحتوي على تجويف داخلي كبير أو معقد. في مثل هذه الحالة، قد يكون التصنيع مستحيلاً وسيؤدي إلى الكثير من الهدر في المعدن المزال جراء التشغيل. من المحتمل أيضاً أن تكون السباكة هي الطريقة المفضلة إذا كانت المادة المستخدمة صلبة وصعبة التشغيل، على سبيل المثال حديد الزهر الأبيض. إذا كانت دقة الأبعاد هي المعيار الرئيسي في إختيار طريقة السباكة، فيجب مراعاة العمليات بالترتيب الآتي:

1. السباكة الدقيقة (Investment Casting)
2. السباكة بالقوالب المعدنية (Die Casting)
3. السباكة الرملية (Sand Casting)
4. السباكة بالقالب الدائم (Permanent-mold casting)

وتكون طريقة السباكة الدقيقة الأكثر دقة من بين طرائق السباكة الأخرى، وتصنف طرائق السباكة إلى ثلاثة اصناف رئيسة وكما موضح في الشكل (1-1).

1-السباكة بالقالب والنموذج المستهلك (Expendable pattern and mold) وتشمل الطرائق الآتية:

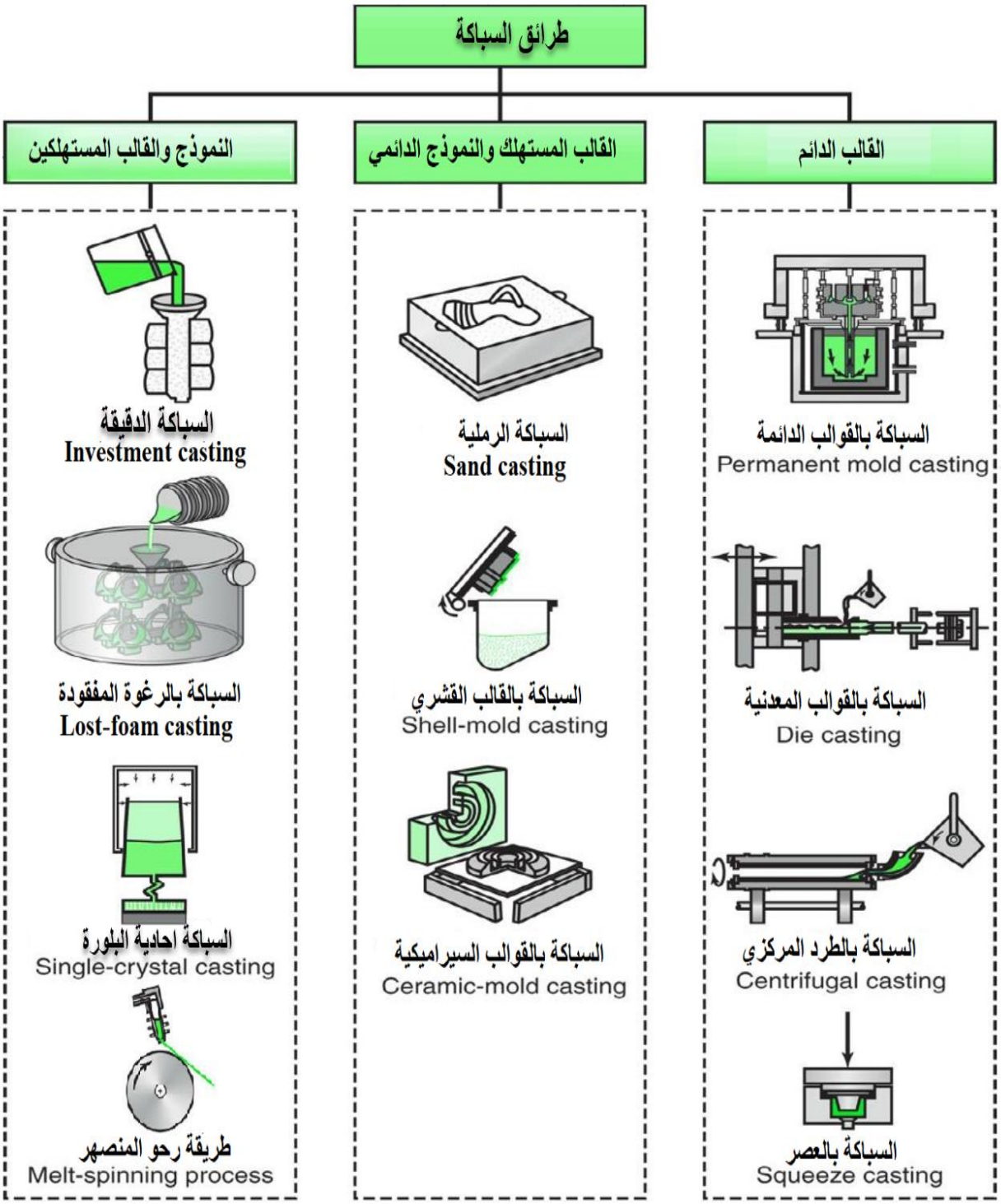
- السباكة الدقيقة (Investment casting)
- السباكة بالرغوة المفقودة (Lost-foam casting)
- السباكة أحادية البلورة (Single-crystal casting)
- طريقة رحو المنصهر(Melt-spinning process)

2- السباكة بالقالب المستهلك والنموذج الدائم (Expendable mold, permanent pattern) وتشمل الطرائق الاتية:

- السباكة الرملية (Sand casting)
- السباكة بالقوالب القشرية (Shell-mold casting)
- السباكة بالقوالب السيراميكية (Ceramic-mold casting)

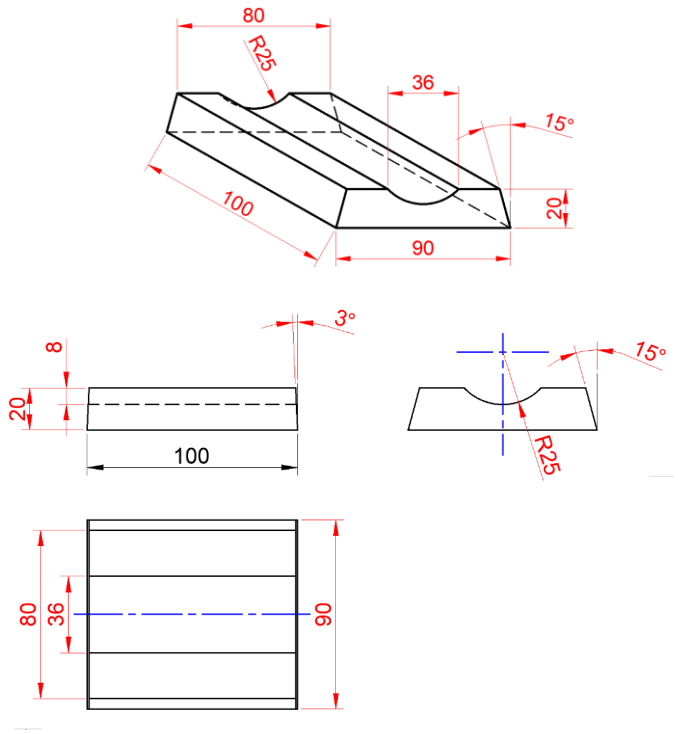
3- السباكة بالقوالب الدائمة (Permanent mold) وتشمل الطرائق الاتية:

- السباكة بالقوالب الدائمة (Permanent-mold casting)
- السباكة بالقوالب المعدنية (Die casting)
- السباكة بالطرد المركزي (Centrifugal casting)
- السباكة بالعصر (Squeeze casting)



الشكل (1-1) يوضح مختلف طرائق السباكة

تطبيق 1-1: سباكة منتج من الألمنيوم-سيلكون، والموضحة أبعاده في الشكل (1-2) بطريقة السباكة الرملية، وباعتماد المغذي المفتوح.



الشكل (1-2) يوضح منتج لمسبوكة من الألمنيوم-سيليكون

هدف التطبيق:

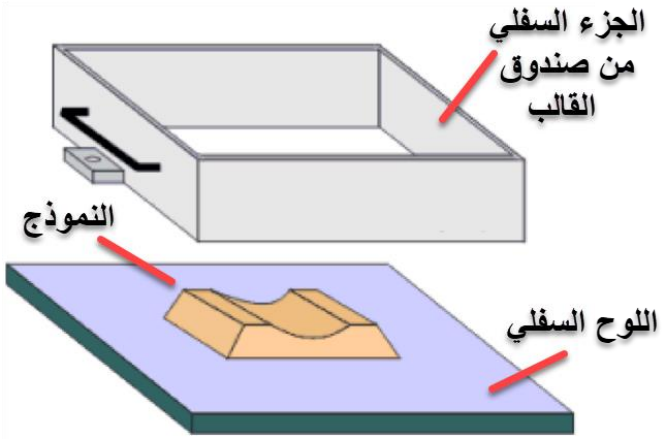
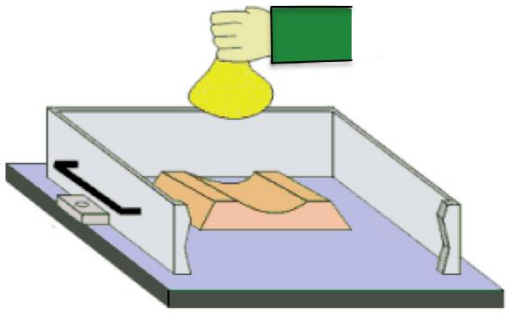
بعد إنجاز التدريب يكون الطالب قادرا على:

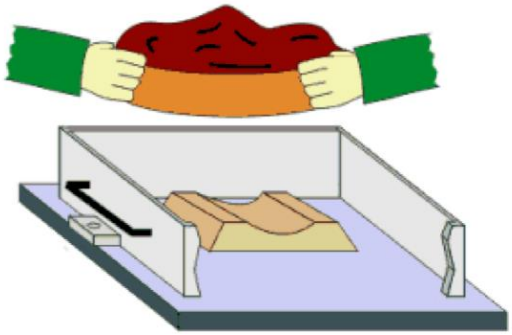
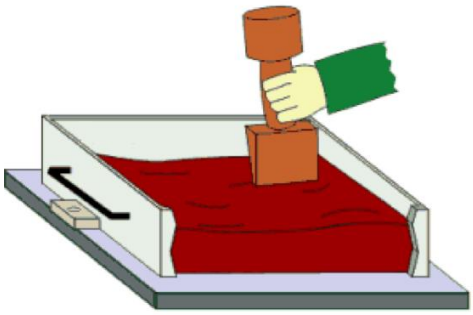
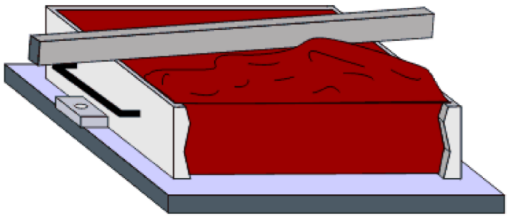
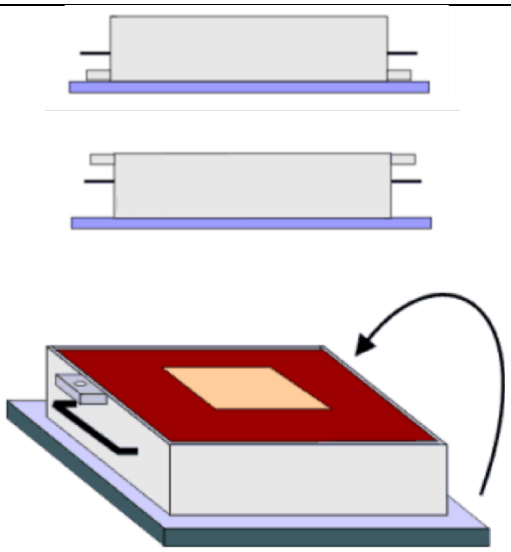
1- تنفيذ المنتج بطريقة السباكة الرملية لسبيكة من الألمنيوم-سيلكون.
2- إكتساب مهارة في تحديد موقع المغذي المفتوح.
3- إكتساب مهارة في كيفية مليء القالب بالرمل بأكثر من مرحلة وتسويته بإزالة الرمل الزائد.
4- إكتساب مهارة في كيفية إخراج النموذج وإجراء بعض التصليحات على القالب بعد نزع النموذج.
5- التعرف على أهمية المادة العازلة في إمكانية إخراج النموذج بسهولة وضمان عدم إلتصاق جزئي صندوق القالب عند محاولة فصلهما.
6- التعرف على أهمية فتحات التهوية في طرد الغازات من تجويف القالب وكيفية تنفيذها.
7- إكتساب مهارة في كيفية إزالة الزوائد من المسبوكة.

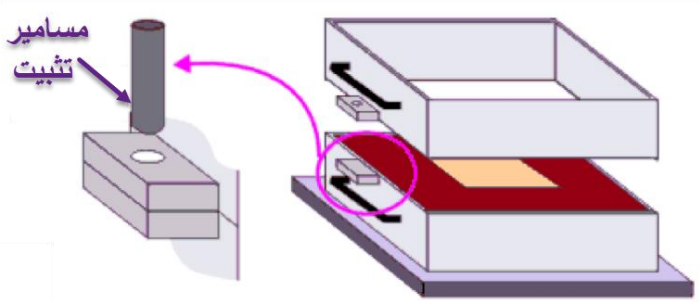
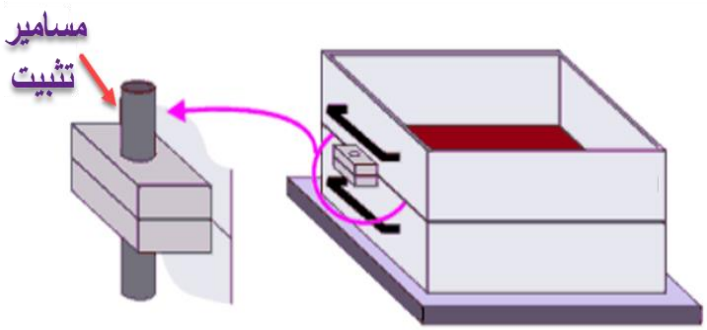
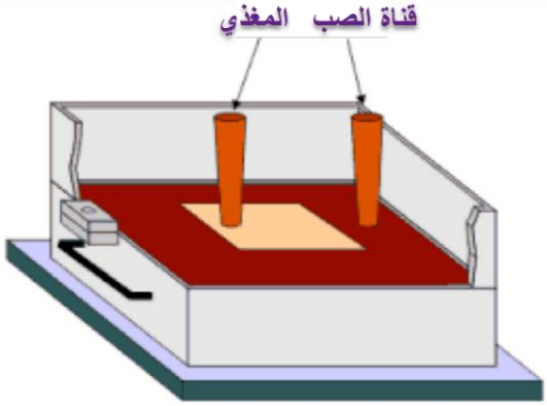
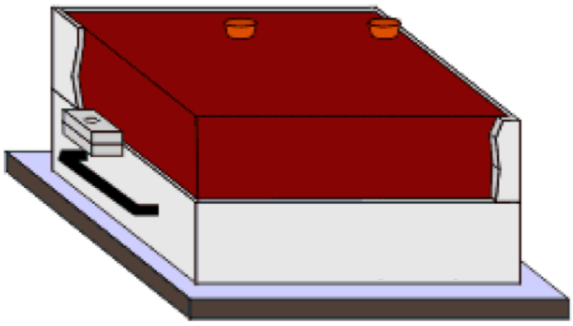
التسهيلات التعليمية:

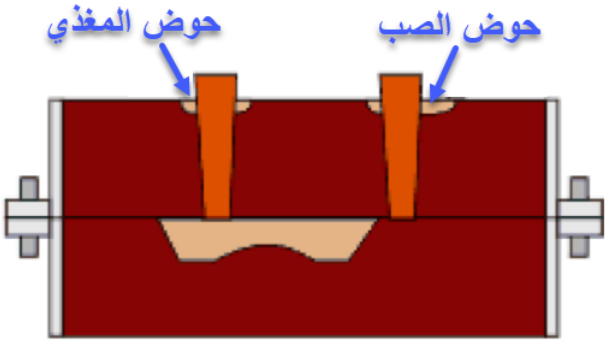
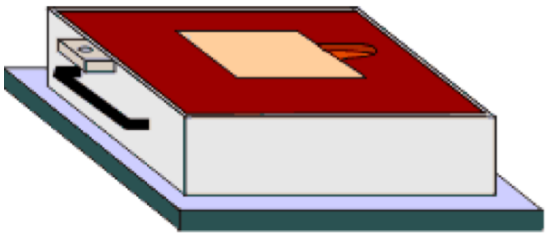
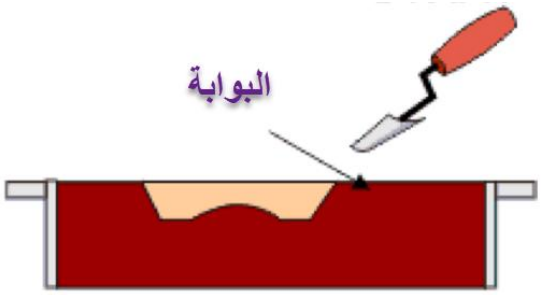
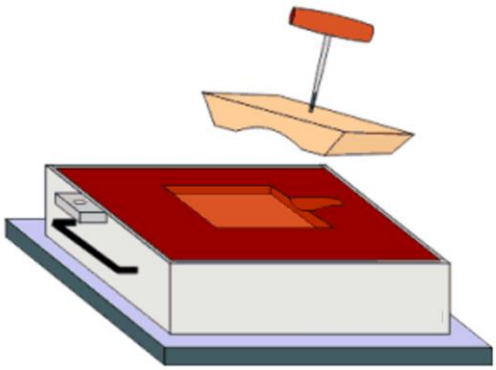
1- ورشة تدريب 2- صندوق قالب سباكة رملية مكون من جزء علوي وجزء سفلي 3- فرن صهر 4- مادة خام من سبيكة الألمنيوم-سيليكون 5- نموذج السباكة 6- رمل جاف ومجهز للمقالبة 7- مسحوق الكرافيت أو أي مادة عازلة اخرى 8- مغرفة 9- وسيلة نقل المنصهر 10- معدات سلامة 11-كماشات 12-مدكات بمختلف الاحجام 13- اداة تجليخ يدوية أو منشار شريطي 14-منخل ناعم 15-أداة ذات مسنن لإخراج النموذج 16-مجرفة صغيرة.

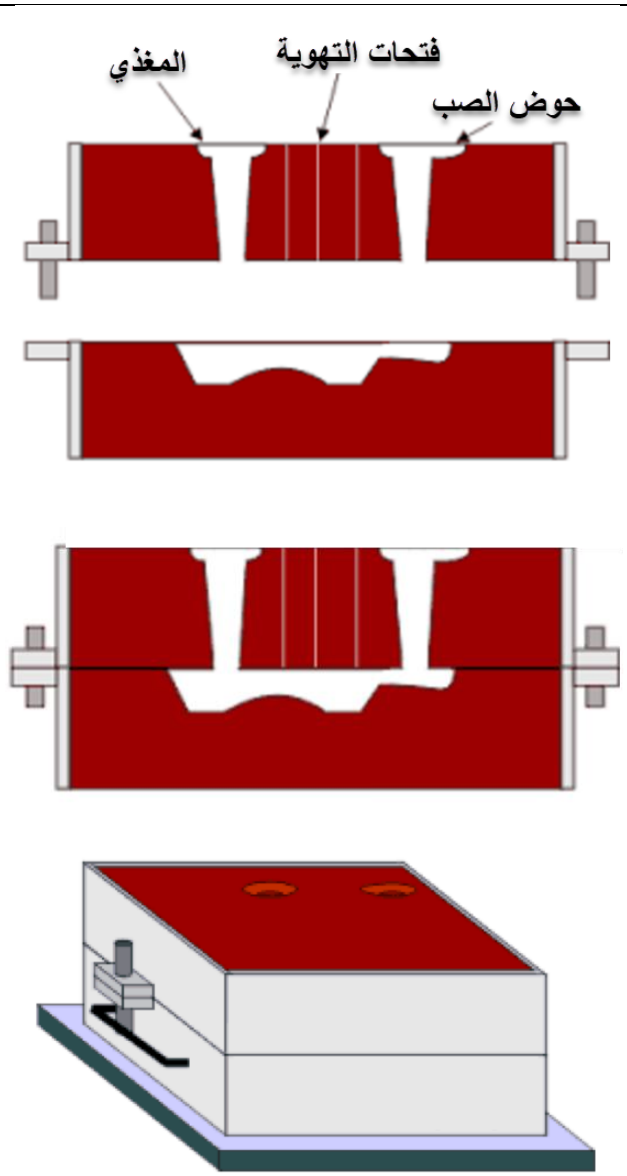
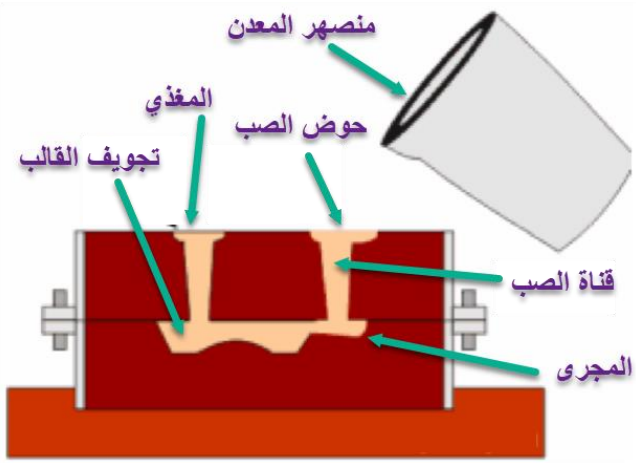
خطوات العمل:

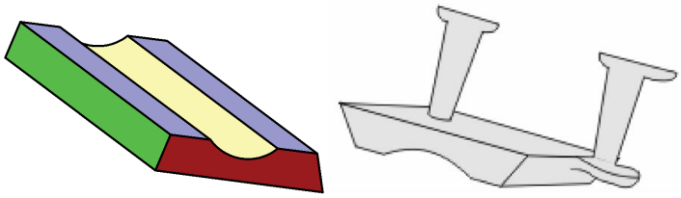
ت	الوصف	الرسم التوضيحي
1	وضع النموذج على لوح مستوي ثم يوضع فوقه الجزء السفلي من صندوق القالب.	
2	رش مادة عازلة مثل مسحوق الكرافيت، أو أي مادة عازلة اخرى فوق النموذج وحوله، تساعد لاحقا في سهولة استخراجه وكذلك عدم التصاق الرمل في نصفي صندوق القالب.	

3	رش الرمل فوق النموذج بعد تمريره من خلال منخل لمنع الاحجام الكبيرة من حبيبات الرمل من الدخول إلى صندوق القالب.	
4	دك الرمل بواسطة المدك وتجري إضافة الرمل وعملية الدك على مراحل لحين امتلاء صندوق القالب.	
5	التسوية: بعد تعبئة الرمل في الجزء السفلي من صندوق القالب بالكامل واتمام عملية الدك، يتم تسويته باستخدام المسطرة الفولاذية.	
6	قلب الجزء السفلي من صندوق القالب بحيث يكون النموذج إلى الأعلى.	

7	وضـــع الجزء العلوي من صـــندوق القالب فوق الجزء الســفلي، مع تجهيز مســامير تثبيت جزئي صندوق القالب.	
8	وضــع مســامير تثبيت جزئي صــندوق القالب لمنع الحركة النسبية بينهما.	
9	وضــع نموذجي قناة الصــب والمغـذي بحيـث يكون موقع المغـذي في الجزء الخلفي من النموذج وقنـاة الصــب على الجانب.	
10	مليء الجزء العلوي للقـالـب بالرمل ودكه على مراحل، ثم إجراء عملية التسوية بواسطة مســطرة فولاذية لإزالة الرمل الزائـد، وبعـدهـا عمل فتحـات تهوية بواسطة سلك رفيع.	

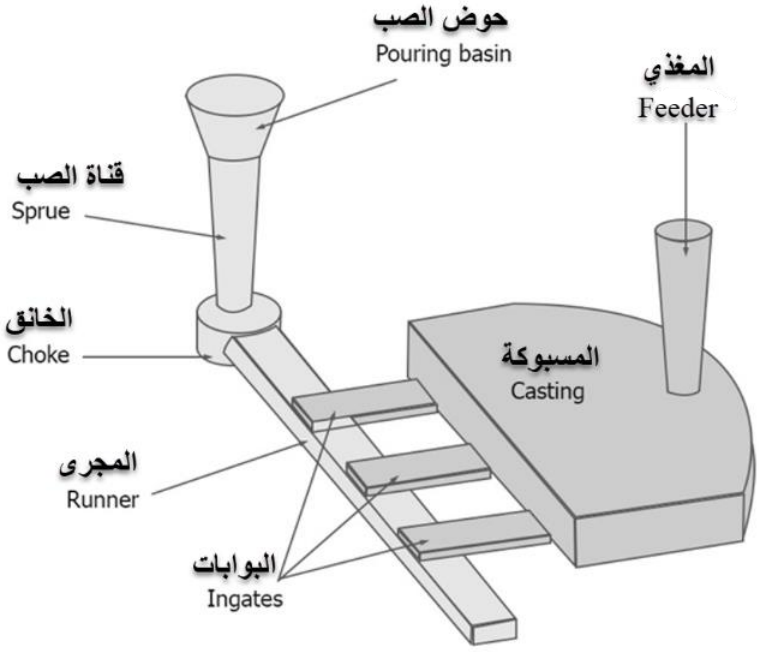
11	تنفيذ حفر حوضي الصب والمغذي في الجزء العلوي من صندوق القالب، حول نموذجي قناة الصب والمغذي حيث إنها مفيدة عند سكب المعدن المنصهر.	
12	رفع الجزء العلوي من صندوق القالب ثم يرفع نموذجي المغذي وقناة الصب ويحفر مجرى الصب والبوابة في الجزء السفلي من صندوق القالب أسفل موقع قناة الصب وهذا سيساعد في جريان منصهر المعدن إلى تجويف القالب، ويتم هذا الاجراء باستخدام عدة صغيرة تشبه المجرفة (trowel).	 
13	إخراج النموذج باستخدام عدة نهايتها مسننة تربط مع الثقب المسنن الموجود في النموذج ويمكن استخدام مطرقة صغيرة لطرق النموذج برفق للمساعدة على إخراجه.	

14	إعادة وضع الجزء العلوي من صندوق القالب فوق الجزء السفلي مع وضع مسامير التثبيت لضبط تطابق جزئي صندوق القالب ومنع الحركة النسبية بينهما اثناء الصب.	
15	يسكب منصهر المعدن بعناية فائقة من خلال قناة الصب ويستمر السكب لحين امتلاء فجوة القالب وخروج منصهر المعدن من الفتحة العلوية للمغذي.	

16	بعد اكتمال إنجماد المعدن ووصول درجة حرارة المسبوكة إلى درجة حرارة الغرفة يفتح القالب ويتم إزالة الرمل واستخراج المسبوكة وتكون الزيادات مرتبطة بها والتي تمثل قناة الصب والمغذي، حيث تقطع الزيادات اما بواسطة عدة تجليخ يدوية أو باستخدام منشار شريطي. وتكون المسبوكة جاهزة للتشغيل. 
17	اجراء الفحص البصري للتأكد من خلو المسبوكة من العيوب، وقياس الابعاد للتأكد من مطابقتها للأبعاد المحددة في المخطط.

2-1 نظام البوابة (Gating System):

يعد تصميم نظام البوابة ذو أهمية كبيرة في السباكة الرملية، حيث أن تصميم نظام البوابة يؤثر على جودة المسبوكة ويقلل من الهدر في المعدن أثناء الصب، ويوضح الشكل (1-3) عناصر نظام البوابة.



الشكل (1-3) يوضح عناصر نظام البوابة

1-2-1 ما هو نظام البوابة (gating system) في السباكة الرملية:

نظام البوابة هو عبارة عن مجموعة من العناصر التي لها علاقة بتدفق منصهر المعدن من المغرفة إلى تجويف القالب، وتشمل هذه العناصر: حوض الصب وقناة الصب وبئر قناة الصب والمجرى والخانق والبوابات. يتدفق منصهر المعدن من حوض الصب بفعل الجاذبية باتجاه الاسفل ويمر عبر قناة الصب (Sprue) والخانق (Choke) ثم المجرى (Runner) والبوابات (Ingates) قبل دخول تجويف القالب. يتطلب تصميم نظام البوابة دراسة متأنية وفقاً لتقنية السباكة والمواد التي تصنع منها المسبوكات ومواصفات المسبوكات وهنالك برامج متخصصة تستخدم في تصميمها. يحدد هذا النظام معدل تدفق المعدن إلى تجويف القالب. إذا كان معدل التدفق سريعاً جداً، فهنالك خطر حدوث تعرية لجدران القالب الرملي، بينما إذا كانت السرعة بطيئة جداً، فقد يتسبب ذلك في تبريد المعدن وإنجماده قبل ملء تجويف القالب، مما يؤثر بشكل مباشر على جودة المسبوكة.

يتم ترتيب شكل وحجم نظام البوابة في السباكة بشكل صحيح عند صنع القالب، وفي حالة عدم إتخاذ الإجراءات الصحيحة في تصميم نظام البوابة، فقد يتسبب ذلك في حدوث عيوب في المسبوكات.

2-2-1 وظائف نظام البوابة في السباكة الرملية:

(Functions of the gating system in sand casting)

يتم تصميم نظام البوابة في السباكة لخدمة الأهداف الرئيسة الأربعة الآتية:

1. مليء تجويف القالب بما يكفي من منصهر المعدن في أقصر وقت دون الحاجة إلى زيادة درجة حرارة المعدن.
2. تدفق منصهر المعدن بسهولة، مما يقلل من الاضطراب الذي يسبب احتباس الهواء أثناء الصب.
3. يحدد نظام البوابات نطاق درجة الحرارة المناسب بحيث يحدث الإنكماش أثناء عملية تبريد المعدن في مكونات نظام البوابة وليس في أجزاء المسبوكة.
4. يكون متكامل مع نظام إزالة الشوائب المعدنية أو الخبث.

3-2-1 متطلبات تصميم نظام البوابة:

إن التصميم الصحيح لنظام البوابة يجب أن يفي بالمتطلبات الاتية:

1. تحكم جيد في تدفق منصهر المعدن يحول دون حدوث صدمات مع استمرارية تدفق منصهر المعدن وبسرعة تدفق ثابتة.
2. يمنع دخول الخبث والشوائب والغازات إلى تجويف القالب.
3. مليء تجويف القالب بسرعة.
4. التحكم في درجة الحرارة في تجويف القالب لتبريد المعدن بشكل منتظم.
5. القدرة على تحديد الكمية المناسبة من منصهر المعدن مع ضمان عدم اهدار الكثير منه.
6. سهولة التفكيك بعد إنجماد المسبوكة.
7. إقتصادية، مع مضاعفة الارباح في السباكة.

أما في حالة عدم تصميم نظام البوابة بالشكل الصحيح، فإنه من المتوقع حدوث الحالات الآتية:

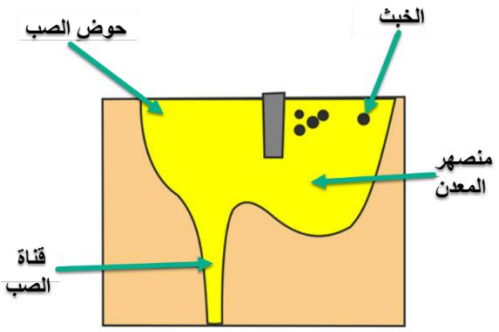
1. تأكسد المعادن.
2. تعرية تجويف القالب.
3. التسبب في إنكماش المسبوكة داخل القالب.
4. يكون معدل تبريد المسبوكة غير متجانس.

4-2-1 مكونات نظام البوابة:

يشتمل نظام البوابة في السباكة الرملية على ما يأتي:

1. حوض الصب (Pouring basin) أو كأس الصب (pouring cup):

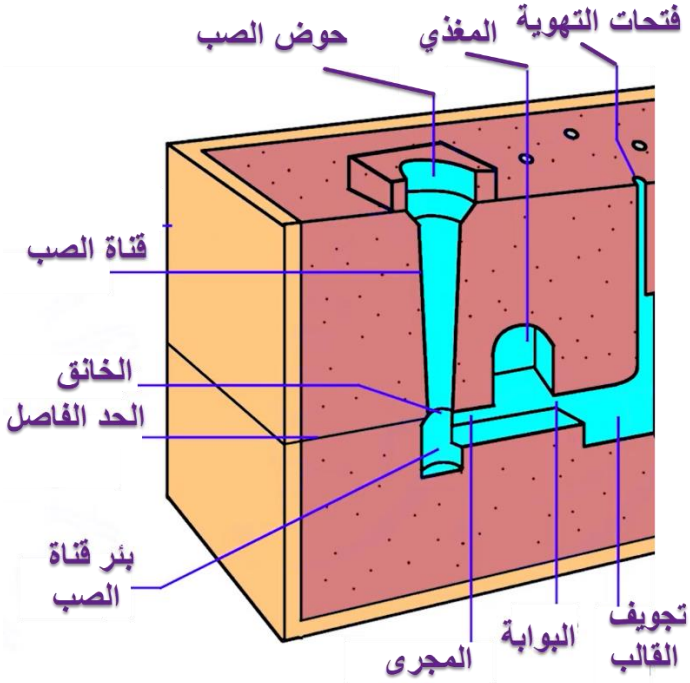
حوض الصب هو مدخل على شكل قمع، يقع أعلى النظام، إذ يتم عن طريقه سكب منصهر المعدن من المغارف إلى القالب كما موضح في الشكل (1-4). يساعد حوض الصب على تنظيم معدل تدفق المعدن السائل ويقلل من الإضطراب عند مدخل قناة الصب، ويساعد على فصل الرواسب والخبث قبل دخول المعدن إلى قناة الصب.



الشكل (1-4) يوضح مخطط حوض الصب

2. قناة الصب (Sprue):

قناة الصب هو ممر عمودي يمتد من حوض الصب بإتجاه الاسفل إلى المجاري والبوابات. يفقد المعدن السائل الذي ينزل في قناة الصب العمودية الضغط ولكن سرعته تزداد بسبب تأثير الجاذبية. يمكن أن يكون المقطع العرضي للممر دائرياً أو مربعاً أو مستطيلاً (ويفضل أن يكون دائرياً). يتم تصميم قناة الصب بحيث يكون شكلها مستدقاً لتجنب سحب الهواء. يسكب منصهر المعدن من خلال الطرف العلوي الكبير، بينما يتصل الطرف الأصغر بالمجرى، ويدور بئر قناة الصب (sprue well) بزاوية قائمة إلى المجرى لمنع السقوط الحر للمعدن السائل وهو كما موضح في الشكل (1-5).



الشكل (1-5) يوضح قناة الصب

الاعتبارات الواجب مراعاتها في تنفيذ قناة الصب (Sprue):

يتطلب التصميم المثالي لقناة الصب أن يكون هنالك تناقص تدريجي في مساحة المقطع العرضي للطرف العلوي الكبير بإتجاه الأسفل بشكل مشابه للقطع المكافئ، إلا أن هذا الإجراء لا يمكن تطبيقه من الناحية العملية، لذلك يوصى بإستخدام شكل مخروطي بدلاً من القطع المكافئ في تنفيذ قناة الصب، بحيث تكون القيمة الصغرى لمستوى التدرج هي 5٪ (نسبة التغير في القطر الأصغر مقارنة بالقطر الأكبر للشكل المخروطي). يتم تصميم المقطع العرضي الدائري لقناة الصب بناءً على مساحة المقطع العرضي لمنطقة الخنق ونسبة البوابة. هذا يساعد على تقليل الإضطرابات وفقدان الحرارة، وهناك صيغ رياضية لإجراء حسابات مساحة المقطع العرضي لقناة الصب لا مجال لذكرها.

3. بئر قناة الصب (Sprue well):

بئر قناة الصب عبارة عن منخفض يقع أسفل قناة الصب وفائدته تكمن في الحد من السقوط الحر لمنصهر المعدن عن طريق توجيهه بزاوية قائمة بإتجاه المجرى، وكذلك يساعد في تقليل الاضطراب في تدفق منصهر المعدن وسحب الهواء. إن التصميم المعتمد لبئر قناة الصب هو إختيار شكل أسطواني بقطر يعادل ضعف قطر مخرج قناة الصب وبعمق يعادل ضعف عمق المجرى. يتم وضع شرائح معدنية بين البئر والمجرى لمساعدة المعدن على التوجيه المتعامد بسهولة، راجع الشكل (1-5).

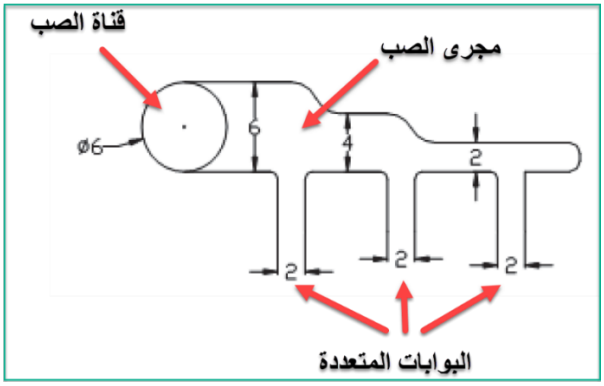
4. الخانق (Choke):

الخانق عبارة عن منطقة تحكم بسرعة تدفق منصهر المعدن ويستخدم مع البوابات المضغوطة للتحكم في تدفق منصهر المعدن إلى تجويف القالب وكذلك التحكم في وقت مليء القالب، وتبرز أهمية الخانق عند وجود بوابات متعددة حيث يتساوى تدفق منصهر المعدن (الحجم) من جميع البوابات بإتجاه تجاويف القوالب. يحتوي الخانق على أصغر مساحة مقطع عرضي في منطقة التحكم مقارنة بالأجزاء الأخرى مثل قناة الصب أو المجرى ويوضح الشكل (1-5) مكان الخانق (Choke) أسفل قناة الصب، وهذا يتحقق عندما يكون نظام البوابة غير مضغوط، مثل 1: 2: 4 أو 1: 3: 3، أما في حالة النظام المضغوط فإن الخانق يكون بالقرب من البوابة حيث يكون الضغط عند البوابة اقصى ما يمكن، مثل الحالات التي تكون بها نسب نظام البوابة 4: 8: 3 أو 1: 2: 1. أما في حالة إستخدام أكثر من بوابة، فإن النسب تتعلق

بالمســـاحة الإجمالية لجميع البوابات، وبعبارة أخرى، عند التغيير من بوابة واحدة إلى اثنتين مع الحفاظ على نفس النسبة، يجب أن تكون مساحة البوابتين مساوية للمساحة في نظم البوابة الواحدة.

5. المجرى (Runner):

المجرى هو قناة أفقية تربط بئر قناة الصب بالبوابات. وحيث أن تدفق منصهر المعدن خلال قناة الصب يكون بشكل عمودي مما يزيد من سرعة التدفق، لذلك يكون للمجرى تأثير في تباطؤ سرعة المعدن السائل للحيلولة دون تهدم جدران تجويف القالب، يجب ملء المجرى بمنصهر المعدن لمنع الخبث من دخول تجويف القالب وضمان سرعة تدفق ثابتة وهو موضح في الشكل1-5. يجب أن يكون إجمالي مساحة المقطع العرضي للمجرى أكبر من مخرج قناة الصب لتقليل سرعة تدفق المعدن من قناة الصب إلى البوابات. تكون النسبة المقبولة لمخرج قناة الصب إلى المقطع العرضي للمجرى هي 1: 2. قد تؤدي النسب الأكبر إلى عدم إنتظام تدفق منصهر المعدن وسحب الهواء مما يسبب عيوب في المسبوكة. إذا كان التصميم يشمل بوابات متعددة، فيجب أن تنخفض مساحة المقطع العرضي للمجرى تدريجيا وذلك لضمان تدفق ثابت للمعدن المنصهر عند مروره بجميع البوابات، وكما موضح في الشكل (1-6).



الشكل (1-6) يوضح مجرى الصب ذات المقطع العرضي المتغير مع بوابات متعددة

6. البوابة (Gate or Ingate):

البوابة هي نهاية المسار والتي ترتبط مباشرة بتجويف القالب. والبوابة تساعد على توجيه المعدن السائل القادم من المجرى بإتجاه تجويف القالب، وهنالك أنواع مختلفة من البوابات تعتمد في تصميمها على خصائص المسبوكة، وتكون البوابة موضحة في الشكل (1-5).

يمكن تصنيف البوابات حسب حجمها وهناك نوعان منها: بوابة كبيرة وبوابة صغيرة. تستخدم البوابة الصغيرة للسبائك ذات الإنجماد البطيء، بينما تستخدم البوابة الكبيرة مع السبائك السريعة الإنجماد. يجب ألا تحتوي البوابة على حواف حادة لأنها يمكن أن تتصدع أثناء الصب بحيث يمكن أن تعلق الرمال في منصهر المعدن وتدخل إلى تجويف القالب وتسبب عيوب في المسبوكة.

وتراعى الاعتبارات الاتية عند تنفيذ البوابة:

1- يجب أن تكون البوابة أكبر من مخرج قناة الصب للسيطرة على تدفق منصهر المعدن بحيث يكون تدفق منصهر المعدن ضمن الحد المسموح به.
2- يجب أن تكون مساحة المقطع العرضي للبوابة عند خط الالتقاء مع تجويف القالب أصغر وذلك لتسهيل آلية فتحها بعد الإنتهاء من الصب.
3- يجب أن تكون نسبة الحجم إلى مساحة سطح التبريد ملائمة لتجنب النقاط الساخنة الموضعية.
4- يجب أن تكون مساحة المقطع العرضي للبوابة متناسبة مع حجم منطقة الصب. كلما كانت مساحة الصب أكبر، كلما كانت الحاجة إلى بوابة أكبر للحصول على زيادة في كمية التدفق لمنصهر المعدن.

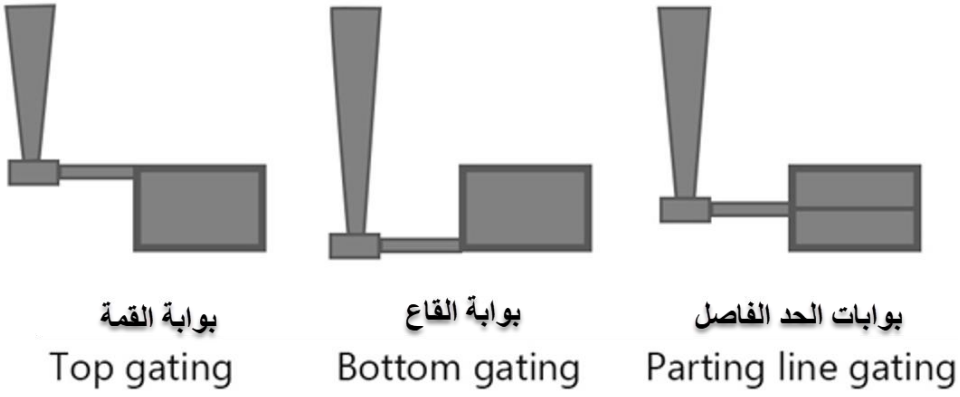
أولاً: أنواع البوابات من حيث الموقع:

تقسم البوابات من حيث موقعها إلى ثلاث فئات:

1- بوابة القمة (Top Gating): تكون البوابة في الجزء العلوي من صندوق القالب (Cope) ومن عيوبها هي الإضطرابات العالية في تدفق المعدن، ويتم الحصول على مسبوكات ذات سطوح رديئة.

2- بوابة القاع (Bottom Gating): وتكون في الجزء السفلي من صندوق القالب (Drag) وفي هذه البوابة، يملأ منصهر المعدن الجزء السفلي من تجويف القالب ويزداد تدريجياً. تتميز البوابة السفلية بأنها تحقق إنسياب لمنصهر المعدن أقل اضطراباً، وأقل تعرية لتجويف القالب الرملي مقارنة ببوابة القمة. ومن محددات هذه البوابة إحتمالية إنسداد تدفق منصهر المعدن قبل امتلاء القالب، إذ من الصعب الحفاظ على المنصهر عند درجات حرارية مناسبة مما يتسبب في إنجماد غير منتظم.

3- بوابة الحد الفاصـــل (Parting Line Gating): هي البوابة الواقعة على طول الحد الفاصـــل، وهذا النوع من البوابات يعالج عيوب النوعين أعلاه، حيث يتم مليء تجويف القالب من منطقة الحد الفاصل مما يساعد ذلك في حل مشكلة الاضطرابات العالية في تدفق منصهر المعدن وكذلك حل مشكلة إنسداد تدفق منصهر المعدن، ويوضح الشكل (1-7) الأنواع الثلاثة من هذه البوابات.



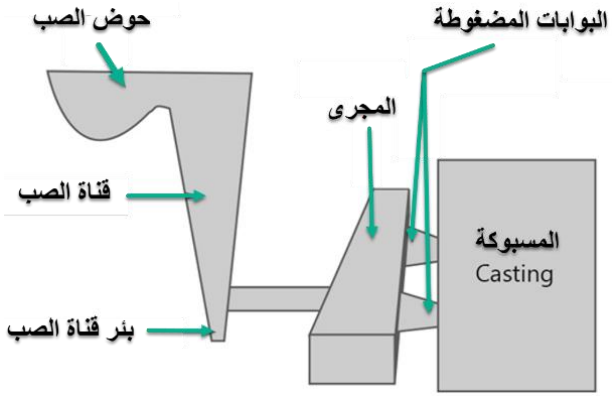
الشكل (1-7) يوضح أنواع البوابات حسب موقعها

ثانيا: أنواع أنظمة البوابات (Types of gating systems):

هناك نوعان من أنظمة البوابات: نظام بوابات مضغوطة ونظام بوابات غير مضغوطة، وإن إختيار نظام الصب الصحيح سيحدد جودة المسبوكة.

1- نظام البوابة المضغوطة (Pressurized gating system):

هو نظام بوابات تتناقص فيه مســـاحة المقطع العرضـــي للبوابات تدريجياً بإتجاه تجويف القالب، بحيث تكون مساحة المقطع العرضي للبوابة عند خط الالتقاء بتجويف القالب أصغر من مساحة المقطع العرضي لقناة الصب، وكما موضح في الشكل (1-8). إن الغرض من تناقص مساحة المقطع العرضي للبوابة هو لضـــمان تدفق منصـــهر المعدن تحت تأثير الضـــغط عند البوابات، ويكون معدل تدفق منصـــهر المعدن متساوياً تقريباً لجميع البوابات، وغالباً ما تكون قناة الصب مليئة بمنصهر المعدن مما يخلق ضغطاً خلفياً يؤدي إلى التقليل من سحب الهواء، لذلك يصبح منصهر المعدن الذي يتدفق بشكل مستمر وبسرعات عالية أكثر اضـــطراباً، مما يؤدي إلى تكوين تيارات دوامة تتسبب في تعرية جدران البوابات أو تجويف القالب.

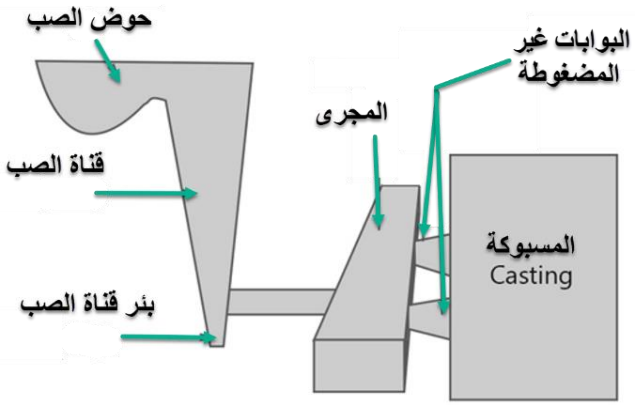


الشكل (1-8) يوضح نظام البوابة المضغوطة

2. نظام البوابة غير المضغوطة (Unpressurized gating system):

هو نظام تزداد فيه مساحة المقطع العرضي للبوابات تدريجياً بإتجاه تجويف القالب، بحيث تكون مساحة المقطع العرضي للبوابة عند خط الالتقاء بتجويف القالب أكبر من مساحة المقطع العرضي لقناة الصب.

إن تدفق منصهر المعدن عند البوابات يكون مختلف عن حالة البوابة المضغوطة حيث أن الضغط يقل عند دخول منصهر المعدن إلى تجويف القالب ويوضح الشكل (1-9) نظام البوابة غير المضغوطة.



الشكل (1-9) يوضح نظام البوابة غير المضغوطة

ثالثا: نسبة البوابة (Gating ratio):

نسبة البوابة هي النسبة بين مساحة المقطع العرضي لقناة الصب (Sprue) إلى إجمالي مساحة المقطع العرضي للمجاري (Runners) إلى إجمالي مساحة المقطع العرضي للبوابات (Ingates).

إن صيغة نسبة البوابة هي: As :Ar :Ag.

حيث أن: As هي مساحة المقطع العرضي لقناة الصب (Sprue)

Ar هي إجمالي مساحة المقطع العرضي للمجاري (Runners)

Ag هي إجمالي مساحة المقطع العرضي للبوابات (Ingates).

تكون نسبة البوابة في نظام البوابة المضغوطة عادة 1: 2: 1 أو 1: 0.75: 0.5. ويسمى هذا النظام "نظام التحكم في البوابة" لأن المكونات تتحكم في تدفق المعدن. أما في نظام البوابة غير المضغوطة، تكون نسبة البوابة عادة 1: 2: 2 أو 1: 3: 3 أو 1: 1: 3. يسمى هذا النظام "نظام التحكم في الخنق" لأن الخانق يتحكم في تدفق المعدن. ويوضح الجدول 1-1 معلومات عن قيم نسبة البوابة (Gating ratio) لمختلف المعادن والسبائك.

الجدول (1-1) يوضح نسبة البوابة لمختلف المواد

المواد	نسبة البوابة (Gating ratio) (As: Ar: Ag)	نوع نظام البوابة
الألمنيوم	1:2:1	مضغوطة
	1:1.2:2	غير مضغوطة
	1:2:4	غير مضغوطة
	1:3:3	غير مضغوطة
	1:4:4	غير مضغوطة
	1:6:6	غير مضغوطة
الألمنيوم-برونز	1:2.88:4.8	غير مضغوطة
البراص	1:1:1	غير مضغوطة
	1:2:3	غير مضغوطة
	1.6:1.3:1	مضغوطة
النحاس	2:8:1	مضغوطة
	3:9:1	مضغوطة
الحديد اللدن (Ductile Iron)	1.15:1.1:1	مضغوطة
	1.25:1.13:1	مضغوطة
	1.33:2.67:1	مضغوطة
الفولاذ	1:2:2	غير مضغوطة
	1:3:3	غير مضغوطة
	1:2:1.5	مضغوطة

3-1 المغذيات أو الرافعات (Feeders or risers):

هي عبارة عن خزانات مضافة مصممة لتغذية المعدن السائل إلى المسبوكة المتجمدة لغرض تعويض الإنكماش الحاصل في المسبوكة المصاحب لعملية التجمد. إن تصميم المغذيات، يتعامل مع توفير خزانات مناسبة لمعدن التغذية المنصهر بالإضافة إلى شكل المسبوكة المطلوب بحيث أن تجاويف أو فجوات الإنكماش غير المرغوب فيها في الصب يتم التخلص منها أو نقلها إلى مواقع خارج المسبوكة. لكي تكون المغذيات فعالة، ينبغي توفر الشروط الثلاثة التالية:

1- يبرد المغذي بعد الصب حيث يبقى في الحالة السائلة لحين اكتمال إنجماد المسبوكة.
2- يحتوي المغذي على معدن منصهر كاف للتعويض عن إنكماش الصب.
3- يكون إتجاه إنجماد المسبوكة بإتجاه المغذي.

لضمان بقاء منصهر المعدن في المغذي في حالة سائلة أو لتحقيق حالة تأخر إنجماده لحين اكتمال إنجماد المسبوكة، يجب أن يتجمد منصهر المعدن في المغذي بشكل أبطأ من إنجماد المسبوكة. وتنص قاعدة تشيفورينوف (Chvorinov's Rule) على أن أبطأ زمن تبريد يتم تحقيقه من الناحية الهندسية هو بأكبر حجم وأقل مساحة سطح، ويتحقق ذلك بالشكل الكروي، لذلك، من الناحية المثالية، يجب أن يكون شكل المغذي كروياً، لكن من الناحية العملية لا يمكن تحقيق ذلك لعدم القدرة على إدخاله في القالب، لذلك يتم إستخدام أسطوانة بدلاً من الشكل الكروي، وتختلف نسبة إرتفاع الأسطوانة إلى قطرها إعتماداً على نوع المعدن، وموقع المغذي، وحجم القالب.

1-3-1 الاعتبارات الواجب مراعاتها في تصميم وتنفيذ المغذيات (الرافعات):

عند تصميم المغذيات، يجب الأخذ بنظر الإعتبار العوامل التالية:

(أ) زمن الإنجماد:

1- لإنتاج سبيكة خالية من العيوب، يجب تغذية منصهر المعدن إلى القالب حتى يتجمد تماماً. يمكن تحقيق ذلك عندما يتجمد منصهر المعدن في المغذي بمعدل أبطأ من تجمده في المسبوكة.

2- الزمن اللازم لإنجماد منصهر المعدن في المغذي يجب أن يكون أطول من زمن الإنجماد اللازم للمسبوكة.

(ب) معدل التغذية:

لغرض تحقيق معدل تغذية مناسب لابد من مراعاة ما يأتي:

1- عندما يتم إنتاج مسبوكات كبيرة ذات حجم معقد، فعندئذ يتم استخدام أكثر من مغذي واحد لتغذية منصهر المعدن اعتماداً على معدل الإنجماد الفعال لكل مغذي.

2- يجب تقسيم المسبوكة إلى مناطق مختلفة بحيث تتغذى كل منطقة بواسطة مغذي منفصل.

3- يجب أن تكون مواقع المغذيات قريبة من المقاطع الكبيرة في المسبوكة والتي بشكل عام تكون اخر مكان يتجمد في المسبوكة.

4- يجب أن يحافظ المغذي على درجات حرارة مناسبة تضمن التغذية المستمرة طوال الوقت خلال الإنجماد.

(ج) سعة حجم التغذية (Feed Volume Capacity):

1- يجب أن يحتوي المغذي على حجم كافٍ (كمية كافية من منصهر المعدن) لتغذية تجويف القالب حتى إنجماد المسبوكة بالكامل للتعويض عن إنكماش الإنجماد.

2- ينبغي أن يبقى المعدن داخل المغذي دائماً في حالة منصهرة أثناء إنجماد المسبوكة، ويمكن تحقيق ذلك بإستخدام المركبات الباعثة للحرارة.

إن نظام المغذي (Feeder system) يكون تصميمه معتمداً على شكل وحجم وموقع المغذي في القالب.

2-3-1 أنواع المغذيات:

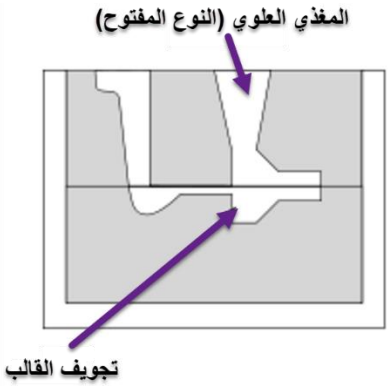
يتم تصنيف المغذي بناءً على ثلاثة معايير: موقعة في القالب، وهل هو مفتوح على الغلاف الجوي، وكيف يتم ملؤه. إذا كان المغذي موجوداً أعلى المسبوكة، فإنه يُعرف بإسم المغذي العلوي، ولكن إذا كان موجوداً بجوار المسبوكة، فإنه يسمى المغذي الجانبي. إن المغذيات العلوية تكون مفيدة لأنها تشغل مساحة أقل في القالب عند المقارنة مع المغذي الجانبي، بالإضافة إلى مسافة تغذية أقصر. إذا كان المغذي مفتوحًا على الغلاف الجوي، فإنه يُعرف بإسم المغذي المفتوح، ولكن إذا كان مغموراً داخل القالب وغير مفتوح على الغلاف الجوي، فإنه يُعرف بإسم المغذي المغلق (Blind feeder). عادةً ما يكون حجم المغذي المفتوح أكبر من المغلق لأنه يفقد مزيداً من الحرارة من خلال الجزء العلوي من المغذي والذي يكون معرض لهواء المحيط الخارجي. يجب التخطيط بعناية لحساب حجم المغذي وعدد المغذيات

وموضع كل واحد للحد من عيوب الإنكماش في المسبوكة. تتمثل إحدى طرائق حساب الحد الأدنى لحجم المغذي في إستخدام قاعدة تشيفورينوف من خلال ضبط زمن الإنجماد للمغذي ليكون أطول من زمن الإنجماد للمسبوكة بنسبة 25٪ وهو خيار آمن، وقد تخصصت مجموعة من الشركات في صناعة أنظمة المغذيات أو الرافعات (Feeders or Riser systems) ويوضح الشكل (1-10) مجموعة منتجات لمختلف أنواع المغذيات.

الشكل (1-10) يوضح أمثلة لمجموعة منتجات من المغذيات

1- المغذي المفتوح (Open Feeder):

في هذا النوع يكون الجزء العلوي من المغذي مفتوح أي معرض للجو. يتم تغذية المعدن السائل الموجود في المغذي إلى المسبوكة المتجمدة بفعل تأثير قوة الجاذبية والضغط الجوي لحين إنجماد السطح العلوي للمغذي وبعدها تكون قوة الجاذبية وحدها تمثل قوة التغذية. يتم توصيل المغذي المفتوح إما في الجزء العلوي من القالب أو على الجانب عند الحد الفاصل (parting line) ويوضح الشكل (1-11) المغذي المفتوح في قالب السباكة.



الشكل (1-11) موقع المغذي المفتوح في قالب السباكة

أ- مزايا المغذي المفتوح:

1- يكون سهل التشكيل بالمقارنة مع المغذي المغلق.

2- يكون مفتوح على الغلاف الجوي، وبالتالي يضمن عدم سحب المعدن من المسبوكة نتيجة الفراغ (vacuum) الذي يتكون في المغذي المغلق.

ب- محددات المغذي المفتوح:

1- المغذي المفتوح لا يمكن وضعه في الجزء السفلي من صندوق القالب (Drag).

2- حجم المغذي المفتوح أكبر من حجم المغذي المغلق المماثل.

3-صعوبة إزالة المغذي المفتوح من المسبوكة مقارنة بالمغذي المغلق.

تطبيق 1-2: سباكة منتج أسطواني مجوف بطريقة السباكة الرملية مصنوع من سبائك الألمنيوم-سيلكون، وبإعتماد المغذي المفتوح ويوضح الشكل (1-12) مخطط للمنتج والنموذج.

هدف التطبيق:

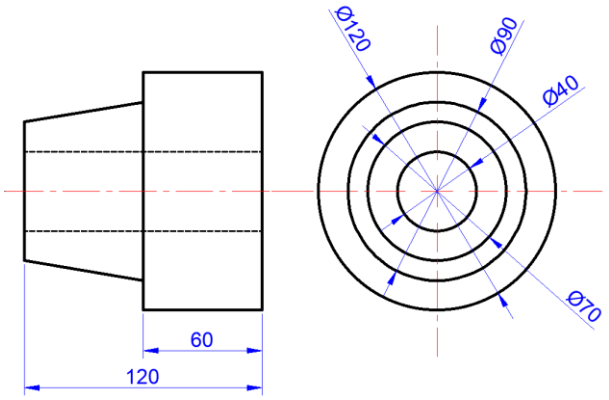
بعد إنجاز التدريب يكون الطالب قادراً على:

1- إكتساب مهارة في تحديد موقع المغذي المفتوح.

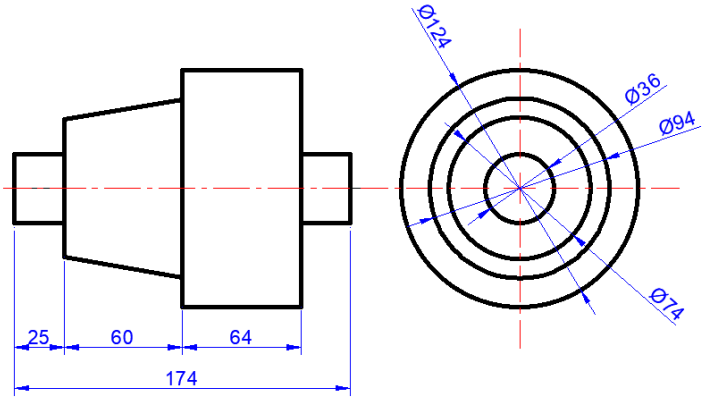
2- إكتساب مهارة في كيفية عمل اللباب وكيفية وضعه في القالب.

3- معرفة كيفية إضافة سماحات الإنكماش والتشغيل الى أبعاد النموذج.

التسهيلات التعليمية: راجع التسهيلات التعليمية في تطبيق 1-1، ويضاف لها قالب لتجهيز اللباب، حيث سيكون جزء من التطبيق وضع اللباب في القالب لتنفيذ النموذج المجوف.



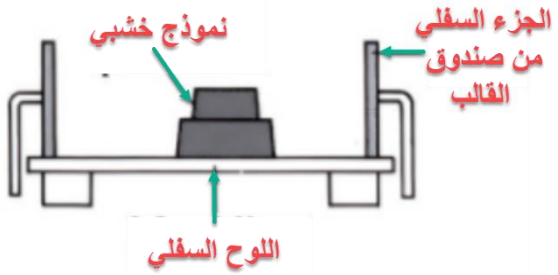
أبعاد المنتج (الأبعاد بالمليمتر)

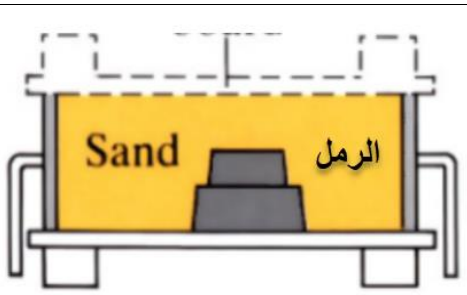
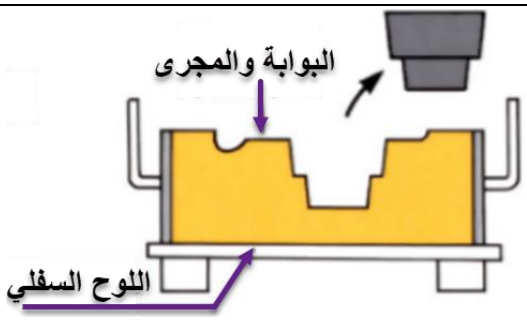
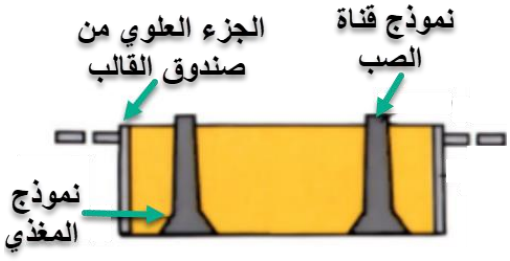
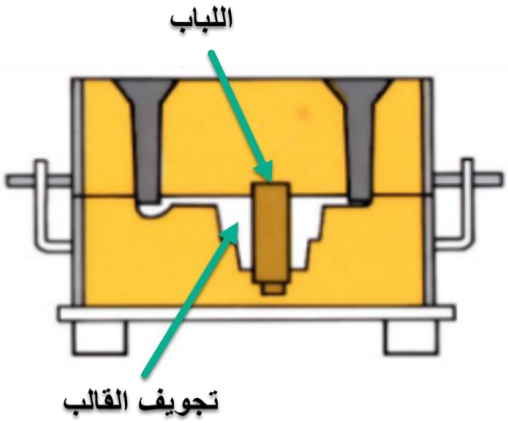


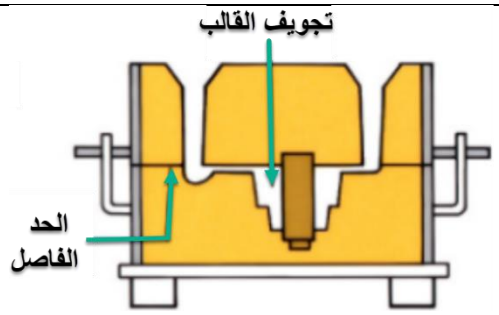
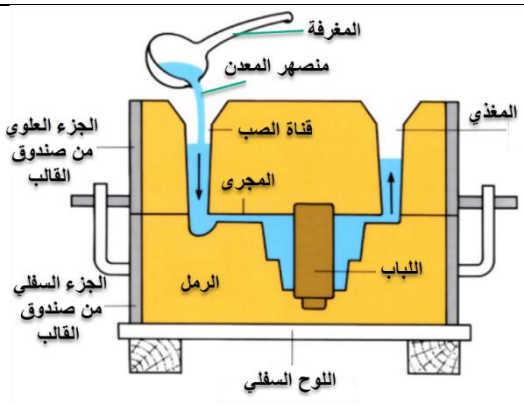
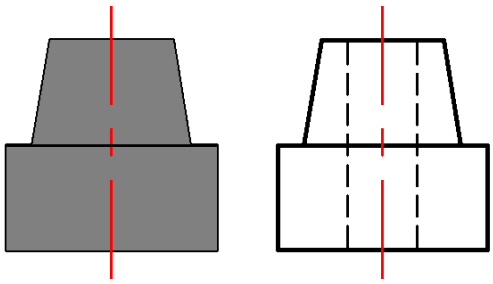
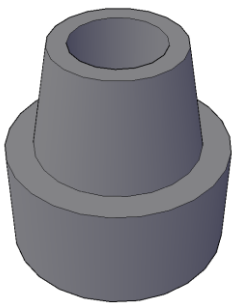
أبعاد النموذج (الأبعاد بالمليمتر)

الشكل (1-12) يوضح مخطط لمسبوكة من الألمنيوم-سيليكون ونموذج من الخشب

خطوات العمل:

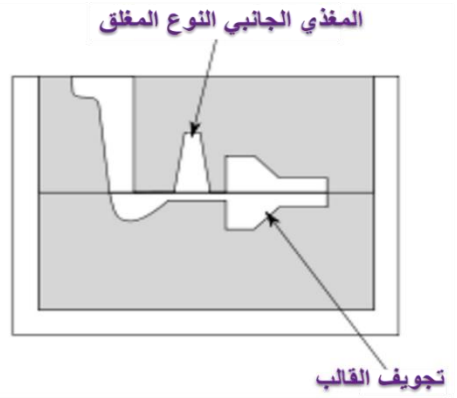
ت	الوصف	الرسم التوضيحي
1	يوضع النموذج على لوح مستوي ثم يوضع فوقه الجزء السفلي من صندوق القالب ويتم رش مادة عازلة فوق النموذج وحوله.	

2	وضـــع الرمل فوق النموذج ودكه بواســطة المدك وتجري إضـــافة الرمل وعملية الدك على مراحل لحين إمتلاء صـــــندوق القالب وبعد ذلك يتم تسـوية الرمل الزائد بواسـطة مسطرة حديدية.	
3	قلب الجزء الســـفلي من القالب ورش مادة عازلة من جهة النموذج ثم يتم عمل البوابة ومجرى الصب بعدها يزال النموذج.	
4	وضـــع نموذجي قناة الصـــب والمغذي في الجزء العلوي من صـــــندوق القالب ويملأ بالرمل وتعاد نفس الخطوات الآنفة الذكر المتمثلة بدك الرمل والتسوية للرمل الزائد، ويتم عمل فتحات التهوية لطرد الغازات، ثم توضـــع المادة العازلة من جهة المنطقة الملاصقة للجزء السفلي من القالب.	
5	تجميع جزئي صـــــندوق القـالـب على أن يوضع اللباب في مكانة.	

6	إزالة نموذجي قناة الصب والمغذي.	
7	سكب منصهر المعدن بعناية فائقة من خلال قناة الصب بواسطة المغرفة ويستمر السكب لحين إمتلاء فجوة القالب وخروج منصهر المعدن من الفتحة العلوية للمغذي.	
8	بعد إكتمال إنجماد المعدن ووصول المسبوكة لدرجة حرارة الغرفة يفتح القالب ويتم تهشيم الرمل وإستخراج المسبوكة وتكون الزيادات مرتبطة بها والتي تمثل قناة الصب والمغذي، بعدها تقطع الزيادات إما بواسطة عدة تجليخ يدوية أو بواسطة منشار شريطي وتكون المسبوكة جاهزة للتشغيل.	
9	إجراء الفحوصات المطلوبة للتأكد من مطابقة المسبوكة للمواصفات المحددة وخلوها من العيوب.	

1- المغذي المغلق (Blind Feeder):

يتم توصيل المغذي المغلق إما إلى الجزء العلوي من القالب، أو على جانب المسبوكة عند خط الفصل أو في الجزء السفلي من القالب. المغذي المغلق عبارة عن تجويف مستدير ويمثل الحد العملي الأدنى للمساحة السطحية إلى الحجم وبالتالي فهي ترتبط بمعدل تبريد بطيء وتكون أكثر كفاءة ويوضح الشكل (13-1) المغذي المغلق في قالب السباكة.



الشكل (13-1) المغذي المغلق في قالب السباكة.

مزايا المغذي المغلق:

1. يمكن وضع المغذي المغلق في أي موضع في القالب.
2. المغذي المغلق أصغر من نظيره المغذي المفتوح.
3. يمكن إزالة المغذي المغلق بسهولة من المسبوكة.
4. يعمل المغذي المغلق على تعزيز الإنجماد الإتجاهي بشكل أفضل من المغذي المفتوح.

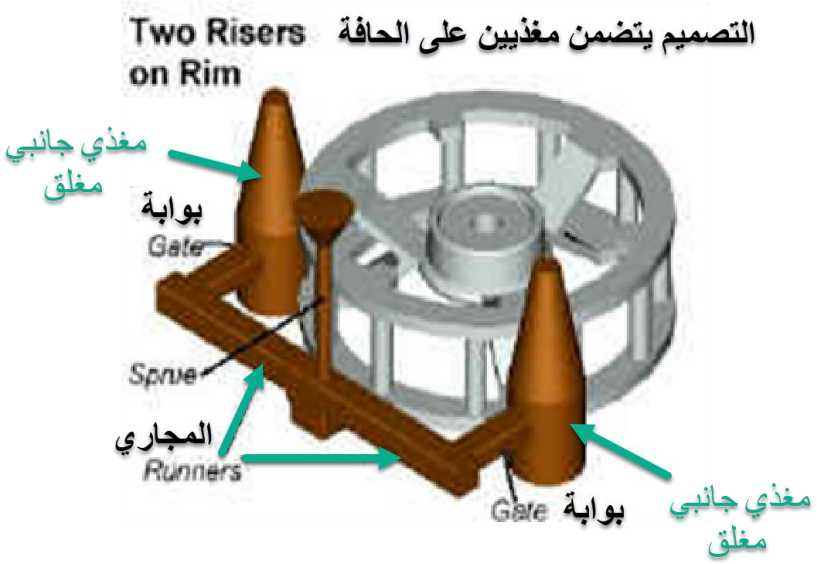
محددات المغذي المغلق:

1. هنالك صعوبة في قولبة المغذي المغلق.
2. قد يسحب المغذي المغلق معدناً سائلاً من المسبوكة أثناء إنجمادها.

يعد التصميم المناسب للمغذيات (الموقع والعدد والحجم) أمراً بالغ الأهمية لمنع المسامية الناتجة عن إنكماش التجمد. يجب أن توفر المغذيات تغذية للمعدن في المقاطع الكبيرة من المسبوكة والتي تكون اخر من يتجمد، لكن يجب أن توضع المغذيات في مكان يمكن بعد ذلك أن تقطع وتفصل عن المسبوكة دون أن يؤثر ذلك على المسبوكة.

3-3-1 حالة دراسية لإختيار نوع المغذي:

يوضح الشكلين (1-14 و1-15) حالتين للمقارنة بين وضع المغذي المفتوح والموضوع في الجهة العليا للمسبوكة والمغذي المغلق الموضوع على جانب المسبوكة.



الشكل (1-14) يوضح مغذيين مغلقين موقعهما بجانب المسبوكة

الشكل (1-15) يوضح المغذي العلوي المفتوح وموقعه أعلى المسبوكة وفي مركزها

الإختيار أ: إثنان من المغذيات ذات الشكل المخروطي توضعان على الحافة (على جانبي المسبوكة)، يتم جريان منصهر المعدن في المغذيين اللذين يغذيان حواف المسبوكة. سوف يعمل المغذيين أيضاً كخزانات حرارة للحفاظ على الحافة وأعمدة التقوية في حالة سائلة عند إنجماد وسط المسبوكة. يمكن أيضاً قطع المغذيين بسهولة من الحافة، مع تقليل التجليخ والتشطيب عند نقاط القطع.

الإختيار ب: مغذي واحد يوضع في وسط تجويف القالب من الجهة العليا ويكون إسطواني الشكل حجمه كبير ويقوم بتغذية منصهر المعدن إلى الجزء السميك في وسط المسبوكة أثناء الإنجماد حيث يدخل منصهر المعدن إلى القالب من خلال بوابتين على محيط الحافة السفلية، لكن هذا المغذي سيتداخل مع قلب المركز ويصعب فصله عن المحور، مما يترك علامات تجليخ كبيرة على المحور والتي ستؤثر على شكل المسبوكة النهائية وربما تتأثر أبعادها.

خلاصة مناقشة الخيارين (أ) و (ب): يتم إختيار المغذي الذي سيغذي المسبوكة بشكل أفضل بدون ترك آثار كبيرة للقطع والتجليخ.

ملاحظة: سيتم تنفيذ تطبيق عملي بإستخدام المغذي المغلق مع تطبيقات حساب زمن الإنجماد.

4-1 تطبيقات على زمن الإملاء والزمن الكلي للإنجماد:

Applications of Mold Filling & Total Solidification Times

1-4-1 إنجماد المعادن:

بعد صب منصهر المعدن في القالب، هناك العديد من العوامل تؤثر على إنجماد المعدن وتبريده إلى درجة حرارة الجو، من حيث حجم الحبيبات والتركيب الكيميائي، والتي بدورها تؤثر على الخصائص العامة للمسبوكة. إن العوامل المهمة التي تؤثر على هذه الأحداث هي نوع المعدن المسبوك، والخصائص الحرارية لكل من المعدن والقالب، والعلاقة الهندسية بين الحجم ومساحة سطح الصب، وشكل القالب.

عندما تتجمد المعادن وتبرد لتشكيل المسبوكات، فهي بشكل عام تخضع لثلاث مراحل مميزة من الإنكماش (Shrinkage) ويستثنى من ذلك حديد الزهر الكرافيتي الذي يزداد حجمه بعد الصب، وتتلخص المراحل الثلاث بما يأتي:

1-إنكماش السائل (Liquid shrinkage): حيث يقل حجم المعدن السائل مع فقدانه الحرارة ويبرد إلى درجة حرارة الإنجماد.

2-إنكماش الإنجماد (Solidification shrinkage): يتحول المعدن من سائل إلى صلب بكثافة أعلى. بالنسبة للمعادن النقية، فإن هذا الإنكماش سوف يحدث عند درجة حرارة واحدة، ولكن في حالة السبائك، سيحدث على مدى من درجات الحرارة أو على طول فترة الإنجماد.

3-الإنكماش الصلب (Solid shrinkage): يحدث عندما تتجمد المسبوكة وتبرد في مدى درجات الحرارة بين درجة حرارة الإنجماد (Solidification temperature) ودرجة حرارة الغرفة وهذا النوع من الإنكماش لا يمكن تعويضه بواسطة المغذيات لأن منصهر المعدن داخل المغذي لا يمكنه الوصول إلى الاجزاء المتجمدة، ولمعالجة هذه الحالة تضاف سماحات الإنكماش للنموذج، ويستثنى من ذلك حديد الزهر الكرافيتي الذي لا يحدث فيه إنكماش عند المدى الحراري بين درجة حرارة الإنجماد ودرجة حرارة الغرفة، إلاّ أن سماحات التشغيل تضاف للنموذج سواء في حالة المعادن التي تتعرض للإنكماش أو التي لا يحصل بها إنكماش. إن إستخدام المغذيات يعالج حالة الإنكماش عند تحول منصهر المعدن إلى حالة الإنجماد حيث تعمل هذه المغذيات كخزانات لمنصهر المعدن وتعوض النقص الحاصل في حجم المسبوكة أثناء الإنجماد، وبالتالي فإنها تمنع حصول عيوب في المسبوكة والمتمثلة بالفجوات أو المسامية او غيرها، كما أن إختيار موقع المغذي ونوعه له تأثير كبير في تصميم قوالب السباكة، وإن الإختيار الخاطيء لموقع المغذي يتسبب أيضا في الحصول على عيوب في المسبوكة.

تطبيق 1-3: حساب زمن الإملاء والإنجماد لثلاث مسبوكات بثلاثة أشكال مختلفة تتضمن المكعب والكروي والأسطواني، منتجة بطريقة السباكة الرملية من سبائك الألمنيوم-سيلكون ويكون لها نفس الحجم وتحسب أبعادها بثبات الحجم وفرض أبعاد المسبوكة المكعبة، وتكون الحسابات والفرضيات موضحة في هذا التطبيق.

التسهيلات التعليمية:

إضافة للتسهيلات التعليمية الواردة في التطبيق 1-1، تضاف التسهيلات التعليمية الآتية:

1- نموذج قناة الصـــب 2- نموذج المجرى 3- نموذج المغذي المغلق 4- مزدوجات حرارية 5- مقياس حرارة متعدد القنوات.

هدف التطبيق: بعد إنجاز التدريب يكون الطالب قادراً على:

1. إكتساب مهارة في تنفيذ ثلاثة أشكال مختلفة من مسبوكات مصنعة بطريقة السباكة الرملية لسبيكة من الألمنيوم-سيلكون.
2. إكتساب مهارة في كيفية تصنيع نموذج مجرى الصب.
3. إكتساب مهارة في كيفية تصنيع نموذج المغذي المغلق.
4. التعرف على طريقة حساب زمن الإنجماد عملياً لمختلف الأشكال الهندسية.
5. التعرف على تأثير إختيار الشكل الهندسي على زمن التجمد.
6. الإستفادة من التطبيق في تحديد الشكل الهندسي الأمثل للمغذي والذي يحقق أطول زمن للإنجماد.
7. التعرف على الإعتبارات الواجب إتخاذها في إعداد النماذج المصنعة من جزئين.

الفرضيات والحسابات:

1- نفرض أن أبعاد الشكل المكعب هي (90 mm x 90 mm x 90 mm)

2- يكون حجم المكعب هو مكعب طول ضلعه:

$$V_{cube} = L^3 = 90^3 = 729000\ mm^3$$

حيث أن: V_{cube} = حجم المكعب (mm^3)

L = طول ضلع المكعب (mm)

3- يحسب حجم الكرة بالمعادلة الآتية:

$$V_{Ball} = \frac{4\pi}{3} r^3$$

حيث أن : V_{Ball} = حجم الكرة (mm^3)

π = النسبة الثابتة وقيمتها 3.14

r = نصف قطر الكرة (mm)

بما أن الحجم ثابت، نعوض قيمة حجم المكعب بدلاً من حجم الكرة لإستخراج قيمة نصف القطر:

$$729000 = \frac{4\pi}{3} r^3 \quad \rightarrow \quad r^3 = \frac{3(729000)}{4\pi} = 14035.93$$

$$r = \sqrt[3]{14035.93} = 55.83 \text{ mm}$$

قطر الكرة (D) يحسب كالآتي:

$$D = 2r = 2(55.83) = 111.66 \text{ mm}$$

4- يحسب حجم الإسطوانة بالمعادلة الآتية:

$$V_{Cylinder} = \pi r^2 h$$

حيث أن: $V_{Cylinder}$ = حجم الاسطوانة (mm^3)

π = النسبة الثابتة وقيمتها 3.14

r = نصف قطر الاسطوانة (mm)

بما أن الحجم ثابت، نعوض قيمة حجم المكعب بدلاً من حجم الإسطوانة لإستخراج قيمة نصف القطر:

$$V_{Cylinder} = \pi r^2 h$$

نلاحظ وجود مجهولين ومعادلة واحدة ولا يمكن إستخراج قيمة نصف القطر إلاّ بإعتماد فرضية اخرى.

نفرض أن إرتفاع الإسطوانة يساوي مرة ونصف بقدر قطرها أي:

$$h = 1.5D = 1.5\ (2r) = 3r$$

نعوض قيمة (h) بدلالة (r) في معادلة الحجم، ونعوض قيمة الحجم بنفس قيمة حجم المكعب:

$$729000 = \pi r^2 (3r)$$

$$729000 = 3\ \pi\ r^3$$

$$r^3 = \frac{729000}{3\ \pi} = 77349.3$$

$$r = \sqrt[3]{77349.3} = 42.6 \text{ mm}$$

يحسب قطر الأسطوانة (D) بدلالة نصف القطر:

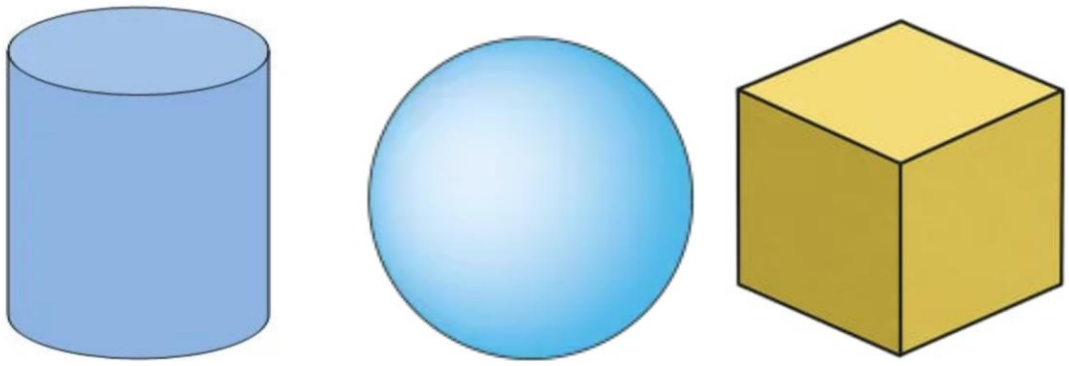
$$D=2r=2(42.6)=85.2\ mm$$

يحسب إرتفاع الإسطوانة بدلالة قطرها وكالآتي:

$$h=1.5D=1.5(85.2)=127.8\ mm$$

5- أشكال وأبعاد المسبوكات التي يتم تصنيعها من سبيكة الألمنيوم-سليكون تكون موضحة فيما يأتي:

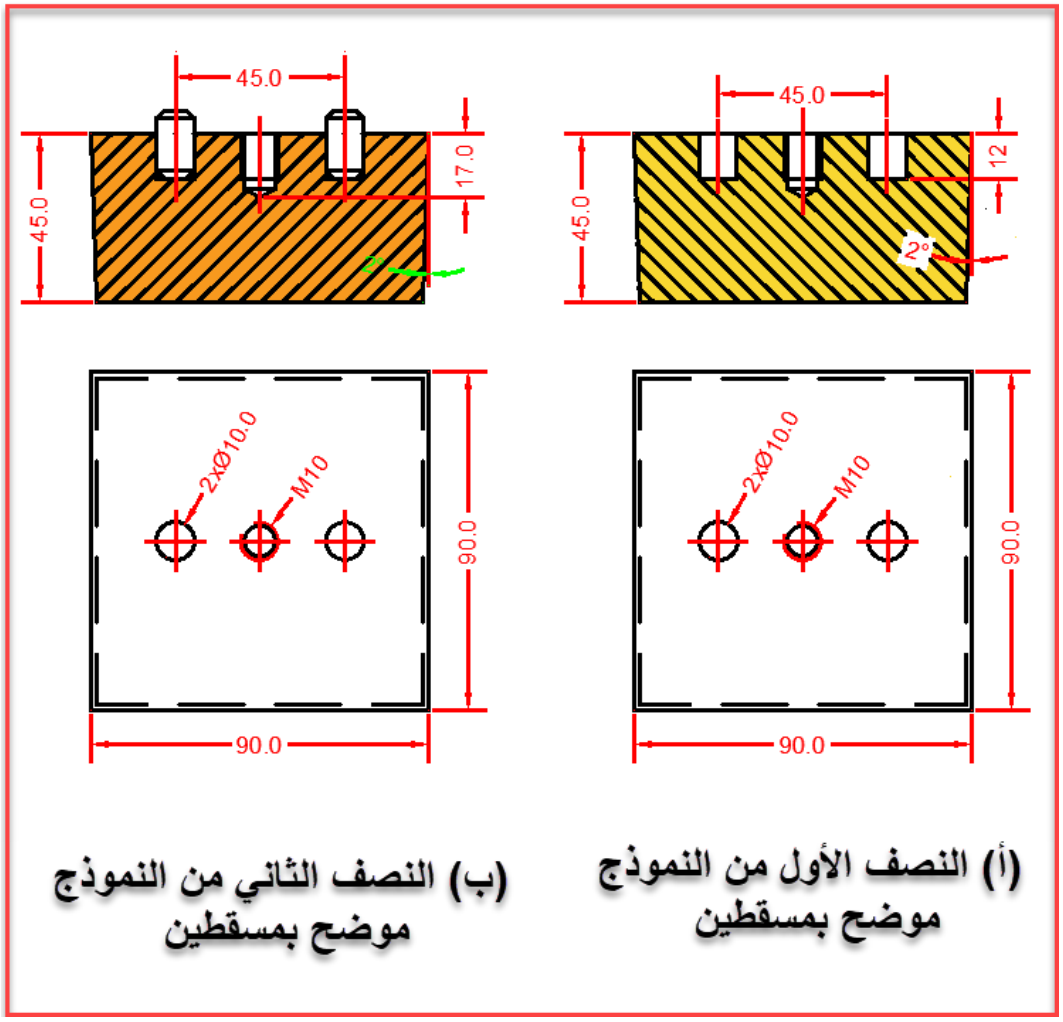
أ- مكعبة الشكل أبعادها (90 mm x 90 mm x 90 mm)، موضحة في الشكل (1-16- أ).
ب- كروية الشكل بقطر (111.7 mm)، موضحة في الشكل (1-16- ب).
جـ- إسطوانية الشكل بقطر (85.2 mm) وإرتفاع (127.8 mm)، موضحة في الشكل (1-16- جـ).

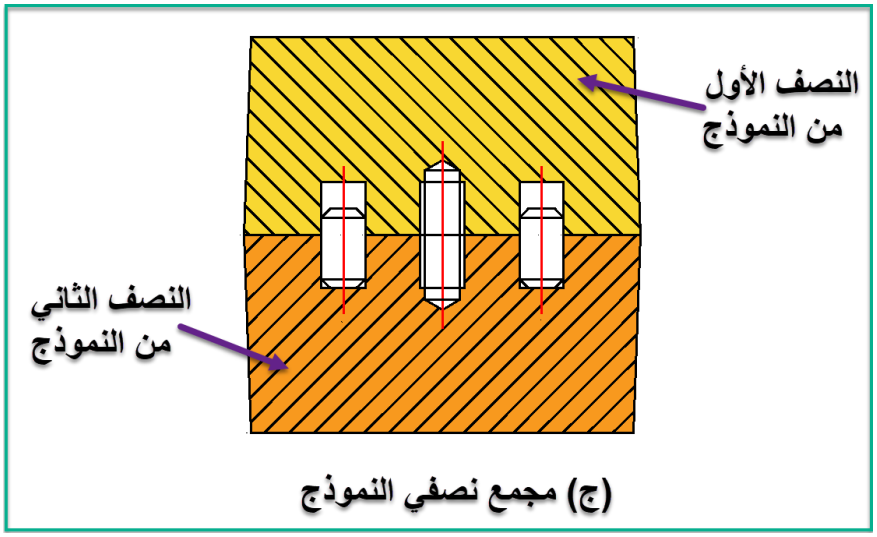


(جـ) (ب) (أ)

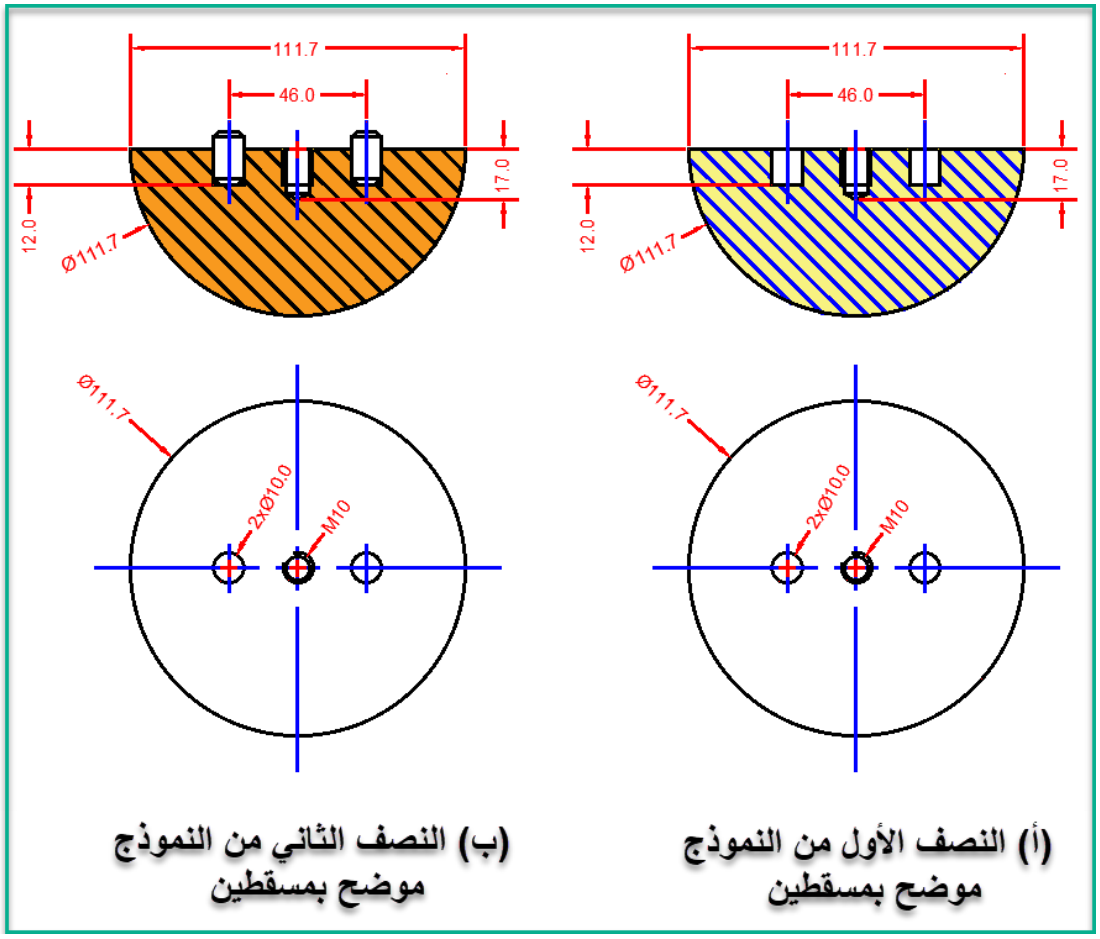
الشكل (1-16) يوضح أشكال لثلاث مسبوكات: (أ) مكعبة (ب) كروية (جـ) إسطوانية

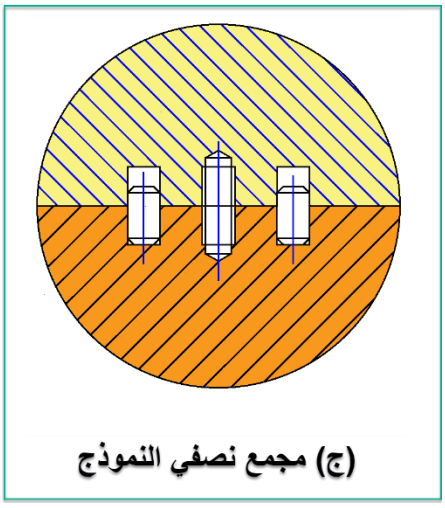
6- يهمل مقدار الإنكماش في تصنيع نماذج السباكة حيث يتم التركيز على حساب زمن الإنجماد للمسبوكات الثلاثة وتكون الأبعاد الرئيسية للنماذج (المكعب والكروي والأسطواني) موضحة في الأشكال (1-17 و1-18 و1-19) على الترتيب، حيث تصنع هذه النماذج من سبائك الألمنيوم وتراعى الدقة في تصنيع النماذج للحصول على الأبعاد المطلوبة لضمان تحقق شرط ثبات الحجم للنماذج الثلاثة وحيث أن النماذج الثلاثة مصنعة من نفس السبيكة لذلك فإن نسبة الانكماش تكون متساوية لجميع النماذج.



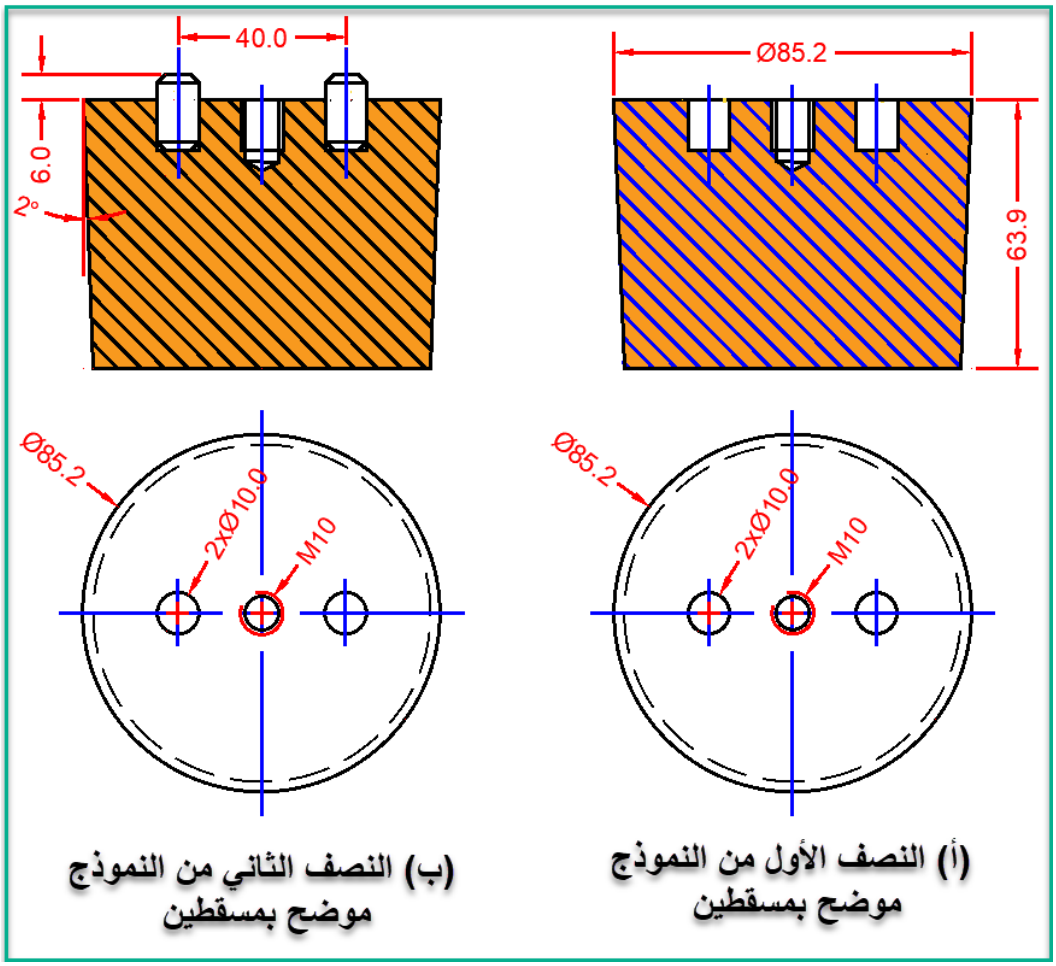


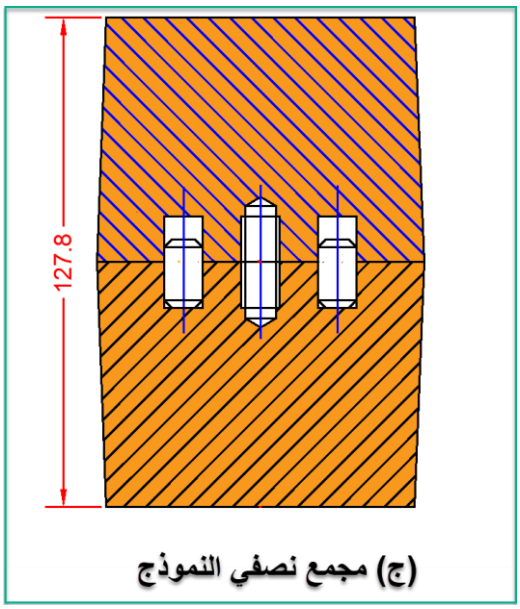
الشكل (1-17) يوضح أبعاد وتفاصيل النموذج المكعب (الأبعاد بالمليمتر)





الشكل (1-18) يوضح أبعاد وتفاصيل النموذج الكروي (الأبعاد بالمليمتر)





الشكل (1-19) يوضح أبعاد وتفاصيل النموذج الإسطواني (الأبعاد بالمليمتر)

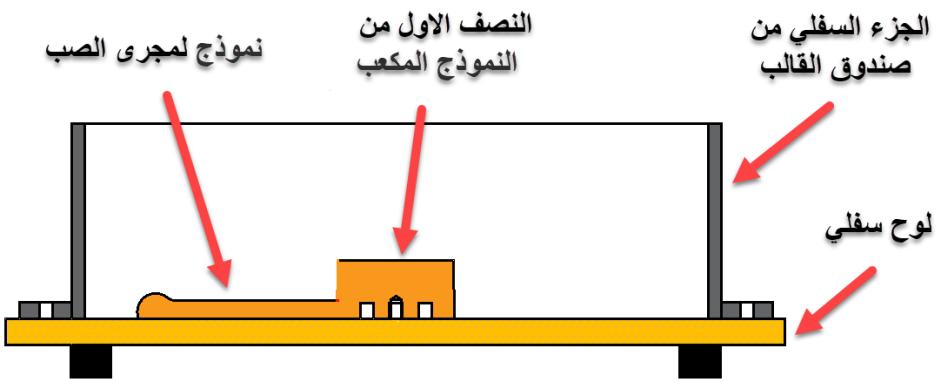
7- قياس درجة الحرارة وزمن الإنجماد:

هنالك عدة طرائق لقياس المدى الحراري من درجة حرارة المسبوكة المنصهرة لحين إنجمادها ووصول درجة الحرارة إلى درجة حرارة الغرفة وهنا يتم التطرق إلى الطريقة الأكثر شيوعا والتي تعتمد على مقياس حراري متعدد القنوات وكما موضح في الشكل (1-20) حيث يمكن من خلال المقياس قياس مدى درجات الحرارة لعدة مسبوكات في آن واحد وتخزن البيانات المتعلقة بتغير درجات الحرارة في شريحة داخل الجهاز حيث يمكن الإستفادة من البيانات في رسم العلاقة بين درجات الحرارة والزمن.

الشكل (1-20) يوضح مقياس حراري متعدد القنوات

خطوات العمل:

تسلسل الخطوات / الوصف / الرسم التوضيحي
1- يوضع النصف الأول من النموذج (الذي يحتوي على ثقوب موجهه) على لوح مستوي ثم يوضع فوقه الجزء السفلي من صندوق القالب.



2-رش مادة عازلة فوق النموذج وحوله ثم مليء الجزء السفلي من صندوق القالب بالرمل لحين امتلاءه ويتم الدك على مراحل، ثم تتم تسوية الرمل الزائد بإستخدام المسطرة الفولاذية.

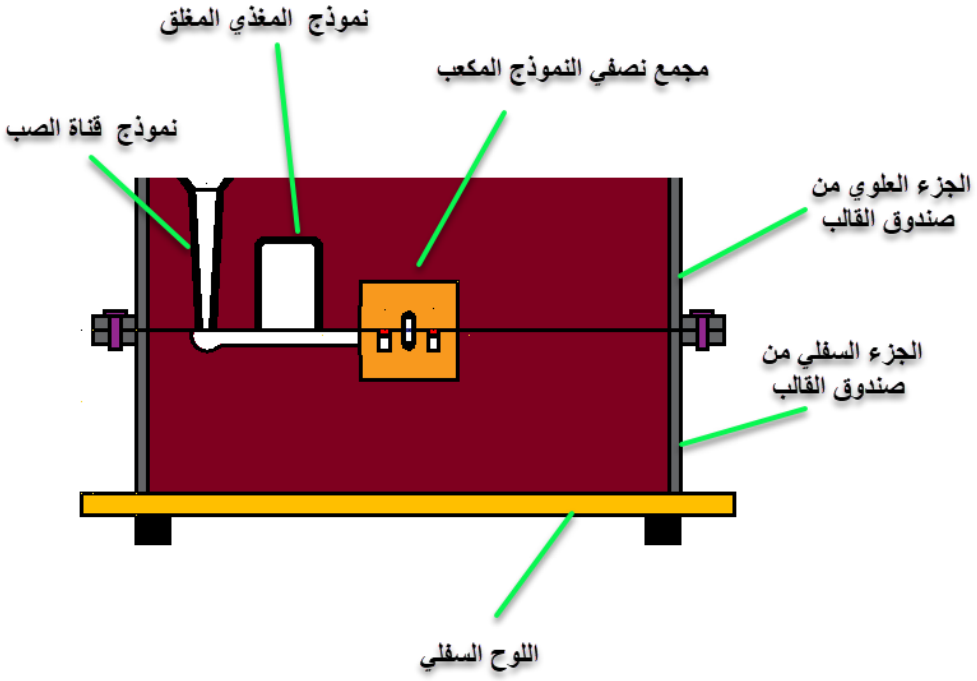
-يقلب الجزء السفلي من صندوق القالب بحيث يكون النصف الأول للنموذج إلى الأعلى ويركب فوقه الجزء السفلي من صندوق القالب.

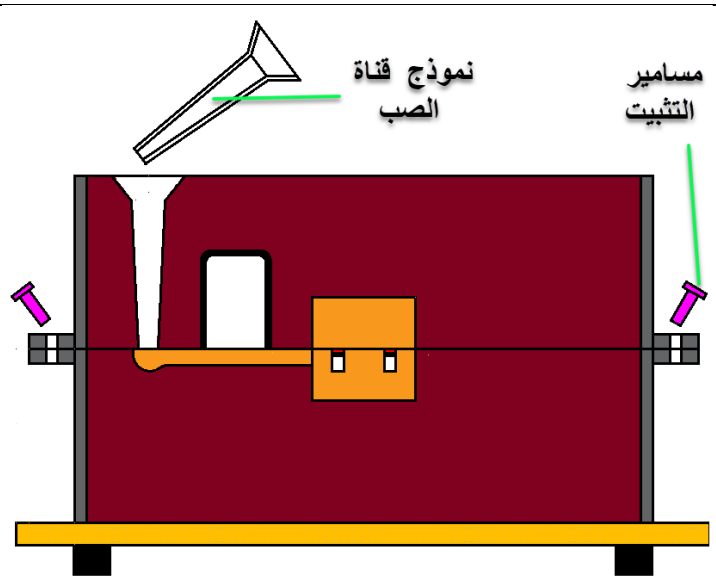
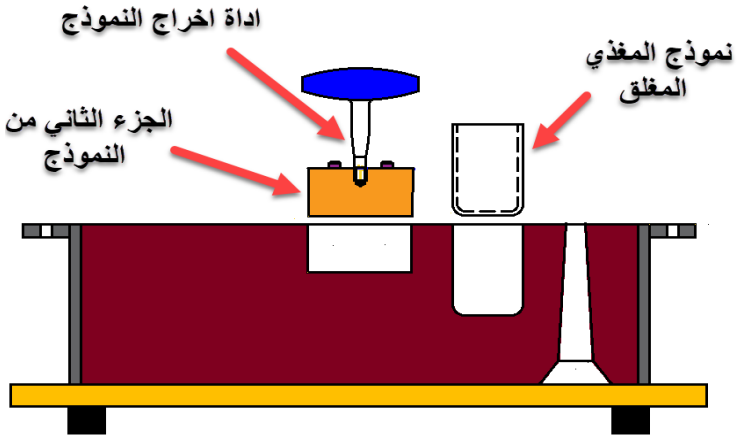
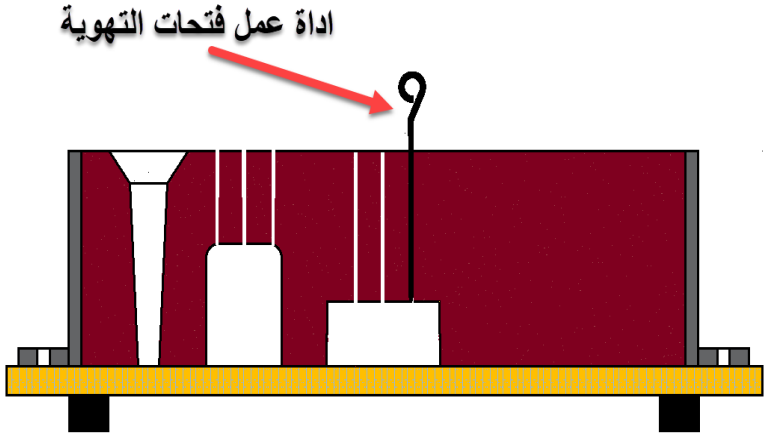
-وضع النصف الثاني للنموذج فوق النصف الأول مع ضمان تطابق النصفين عن طريق المسامير والثقوب الموجهة.

-وضع مسامير تثبيت جزئي صندوق القالب لمنع أي حركة نسبية بينهما أثناء المقالبة.

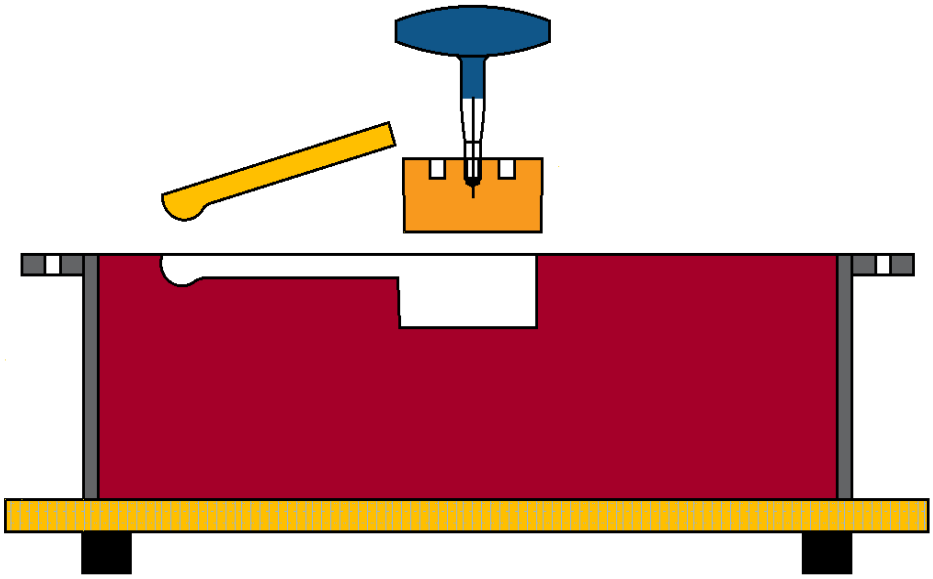
-وضع نموذج قناة الصب مقابل بئر قناة الصب ووضع المغذي المغلق في مكان قريب على النموذج ويمر من خلاله مجرى الصب.

3-مليء الجزء العلوي للقالب بالرمل ودكه وتنجز العملية على مراحل ويتم إجراء عملية التسوية بواسطة مسطرة فولاذية لإزالة الرمل الزائد.



4- رفع نموذج قناة الصب وفتح مسامير التثبيت.	
5- قلب الجزء العلوي لصندوق القالب ورفع نموذج المغذي المغلق وإخراج الجزء الثاني من نموذج السباكة باستخدام أداة اخراج مسننة.	
6- قلب الجزء العلوي لصندوق القالب وتنفذ فتحات التهوية فوق النموذج والمغذي المغلق لمنع إنحسار الغازات وتستخدم أداة عمل فتحات التهوية.	

7- إخراج الجزء الأول من نموذج السباكة بإستخدام أداة إخراج مسننة وإزالة نموذج المجرى.



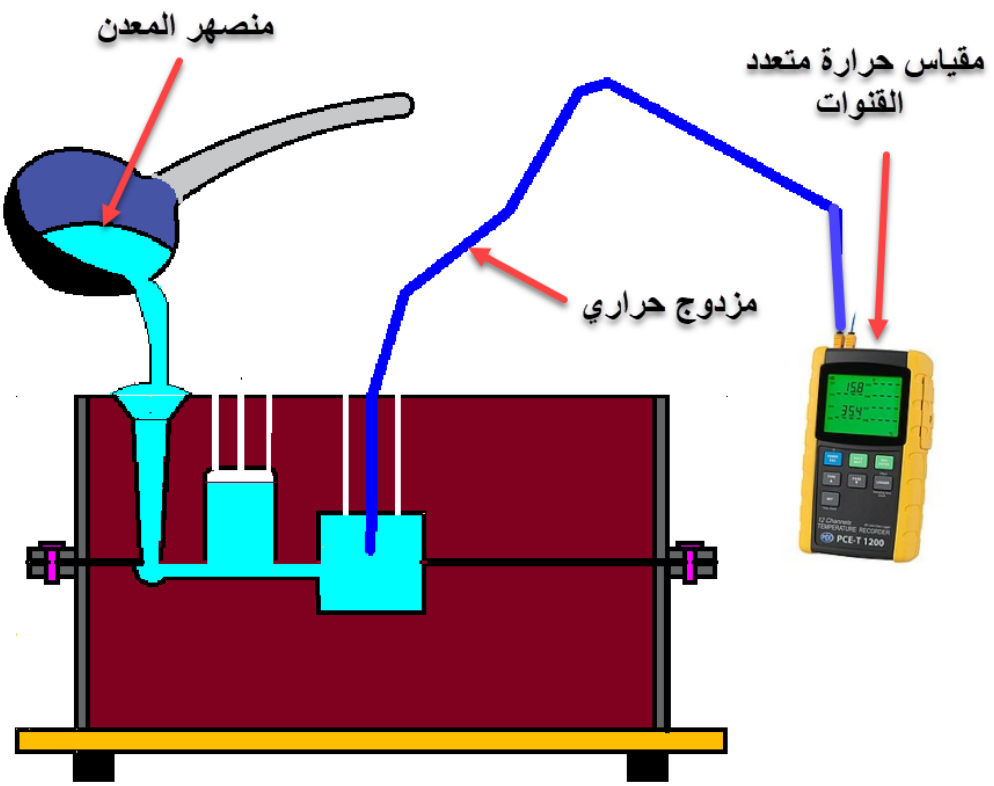
8- يوضع الجزء العلوي لصندوق القالب فوق الجزء السفلي ويثبت الجزئين بواسطة المسامير، ويمرر سلك مقياس الحرارة من خلال قنوات التهوية إلى تجويف القالب ويتم تشغيل مقياس الحرارة.

- يسكب منصهر المعدن بعناية فائقة من خلال قناة الصب ويستمر السكب لحين إمتلاء فجوة القالب وخروج منصهر المعدن من الفتحة العلوية لقناة الصب.

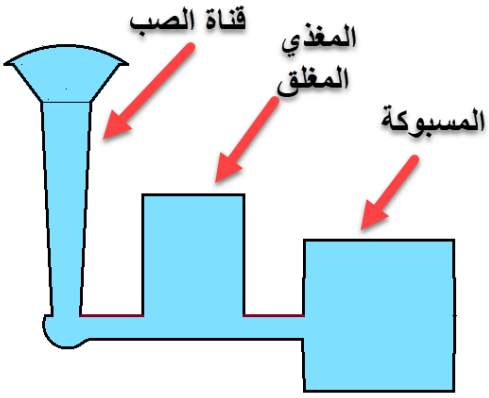
-يتم حساب الزمن (بالثواني) لما يأتي:

أولاً- الزمن المستغرق من لحظة بداية الصب لحين إكتمال مليء تجويف القالب ووصول منصهر المعدن إلى الفتحتين العلويتين لكل من المغذي وحوض الصب.

ثانيا- الزمن المستغرق من لحظة إنتهاء الصب لحين وصول درجة حرارة المسبوكة إلى درجة حرارة الغرفة. يتم حساب الوقت عن طريق مقياس الحرارة، حيث تتوفر في المقياس إمكانية خزن درجات الحرارة والزمن ويتم الخزن بواسطة شريحة خزن يمكن ربطها مع الحاسوب ونقل البيانات المخزونة بداخلها الى الحاسوب.

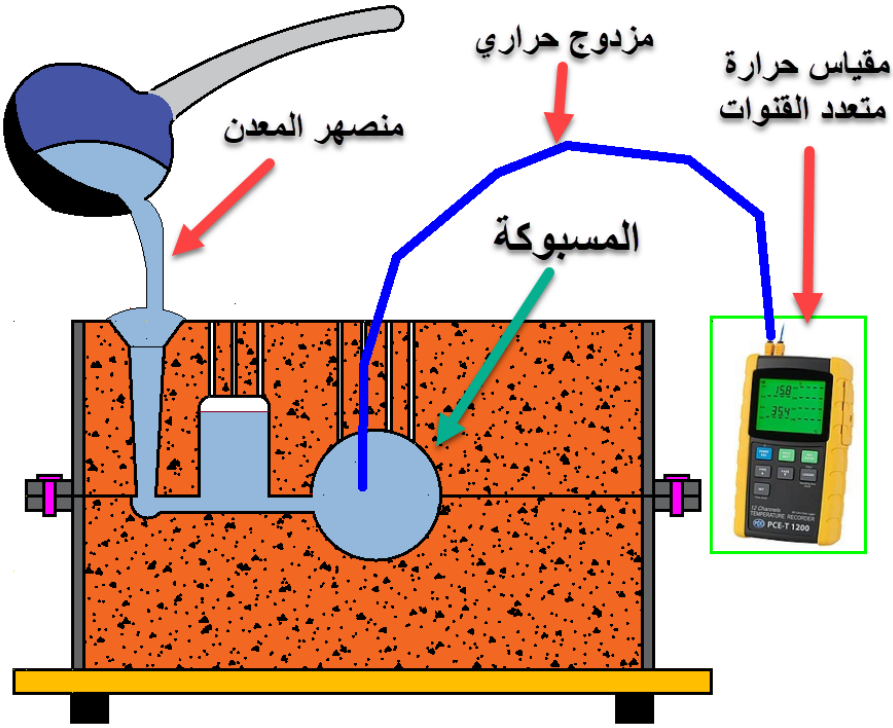


9- بعد إكتمال إنجماد المعدن ووصول المسبوكة لدرجة حرارة الغرفة يفتح القالب ويتم تهشيم الرمل وإستخراج المسبوكة وتكون الزيادات مرتبطة بها والتي تمثل قناة الصب والمغذي.

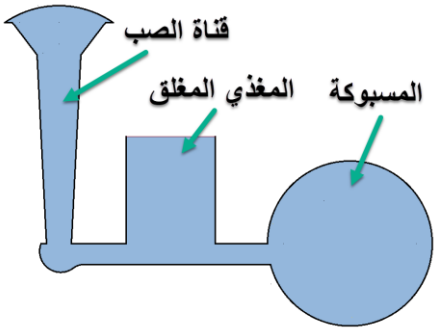


10- قطع الزيادات والحصول على مسبوكة لها شكل مكعب.

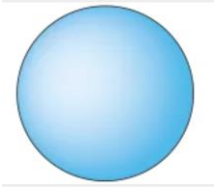
11- تعاد الخطوات 1-8 بإستخدام النموذج الكروي.



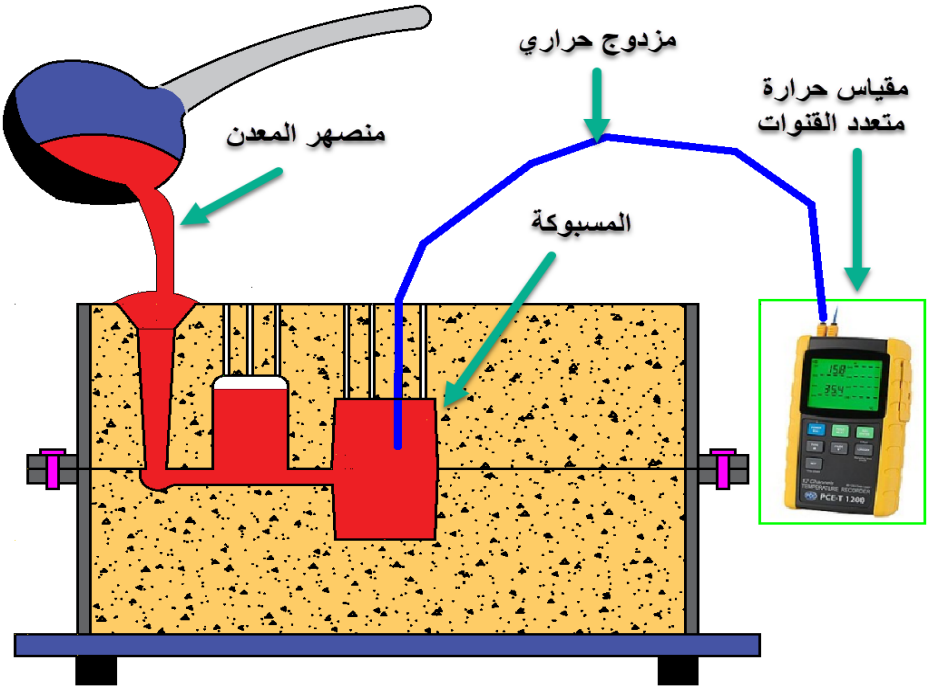
12- بعد إكتمال إنجماد المعدن ووصـــول المســـبوكة لدرجة حرارة الغرفة يفتح القالب ويزال الرمل وتستخرج المسبوكة وتكون الزيادات مرتبطة بها والتي تمثل قناة الصب والمغذي.



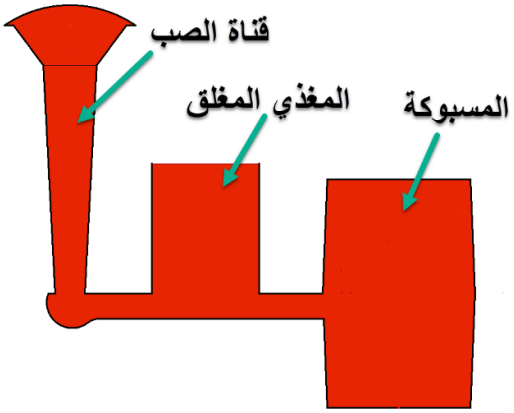
13- قـطـع الـزيـادات والحصـــول على مســـبوكة لها شكل كروي.



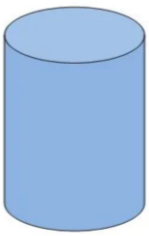
14- تعاد الخطوات 1-8 باستخدام النموذج الاسطواني.



15- بعد اكتمال إنجماد المعدن ووصـــول المســـبوكة لدرجة حرارة الغرفة يفتح القالب ويزال الرمل وتستخرج المسبوكة وتكون الزيادات مرتبطة بها والتي تمثل قناة الصب والمغذي.



16- قـطـع الـزيـادات والحصـــول على مســـبوكة لها شكل إسطواني.



17- جمع قراءات التجارب الثلاثة لكل من زمن الإملاء وزمن الإنجماد.

- مقارنة زمن الإنجماد للحالات الثلاثة (الشكل المكعب والشكل الكروي والشكل الإسطواني)، نستنتج من ذلك أن زمن الإنجماد يختلف بإختلاف شكل المنتج ويكون أطول زمن للإنجماد هو للشكل الكروي، ثم يليه الشكل الإسطواني وأقصر زمن للإنجماد هو للشكل المكعب.

- يستفاد من تجربة قياس زمن الإنجماد في تحديد شكل المغذي الذي يعطي أطول فترة للإنجماد وهو الشكل الكروي، وحيث أن هناك صعوبات تقنية في مقالبة الشكل الكروي فإنه يستعاض عنه بالشكل الإسطواني الذي يتيح بقاء المعدن في حالة سائلة أطول فترة ممكنة لحين إكتمال إنجماد المسبوكة وتعويض الإنكماش الناتج عن إنجمادها.

أما بالنسبة لزمن المليء فهو مرتبط بسرعة الصب حيث تعد سرعة الصب أيضاً عاملاً مهماً يؤثر على جودة المسبوكات المنفذة بطريقة السباكة الرملية. إذا كانت سرعة الصب عالية جداً، فمن السهل أن ينتج منصهر المعدن تناثراً أو إضطراباً، مما له تأثير كبير على القالب الرملي حيث يؤدي إلى تدفق الرمال وسحب الهواء إلى تجويف القالب، وإحتباس الهواء، وعيوب في المسبوكة مثل المسامية والإنكماش وغيرها. أما إذا كانت سرعة الصب منخفضة للغاية، فإن زمن مليء القالب يصبح أطول، وتنخفض درجة الحرارة عندما لا يتم ملء تجويف القالب بمنصهر المعدن، مما يؤدي إلى عدم كفاية عملية الصب ويكون لها تأثير على مليء القالب. لذلك، يجب إختيار سرعة الصب المناسبة، أو زمن المليء الأمثل الذي يعتمد على سرعة تدفق منصهر المعدن، وهذا يختلف في الغالب داخل قنوات البوابة وفتحات القالب. تعتمد سرعة منصهر المعدن على إرتفاع قناة الصب ونسبة البوابة، والتي أدرجت المعلومات المتعلقة بها في الجدول 1-1، لذلك فإن تنفيذ مسبوكات خالية من العيوب يتعلق بإعتماد زمن المليء الأمثل لقالب السباكة، وهذا يتحقق من خلال إختيار نسب محددة لمساحات المقاطع العرضية لكل من مخرج قناة الصب والمجرى والبوابات تبعاً لنوع المعدن، وهو ما تم التركيز عليه في وصف نظام البوابة، ويمكن تنفيذ تطبيقات عملية تتضمن تغيير في نسب البوابة، وحساب زمن المليء من أجل دراسة تأثير تغيير نسبة البوابة على جودة المسبوكة ومعرفة النسبة الصحيحة التي تحقق إنتاج مسبوكة خالية من العيوب، وهذا يتطلب تجهيز نماذج مختلفة الأحجام لقناة الصب والمجرى والبوابة.

5-1 مقالبة وسباكة أشكال منتظمة مختلفة الأحجام من سبائك الألمنيوم والبراص:

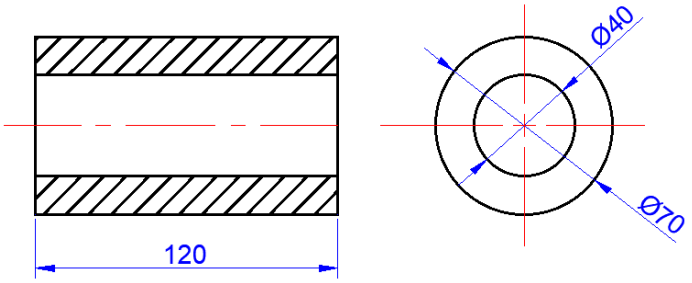
Molding & Casting of Uniform Geometries with Different Volumes of Al and Brass Alloys

إضافة إلى ما تقدم من تطبيقات لتمارين عملية لمختلف الأشكال الهندسية سيتم التطرق إلى تطبيقات أخرى تتعلق بسبائك الألمنيوم والبراص.

تطبيق1-4: سباكة نموذج إسطواني مجوف بطريقة السباكة الرملية من سبيكة البراص وحسب ما موضح في الشكل (1-21)، أما اللباب يتم تجهيزه بقطر 40 mm وطول 155 mm، مع ملاحظة إهمال سماحات الإنكماش في تحديد أبعاد النموذج.

هدف التطبيق:

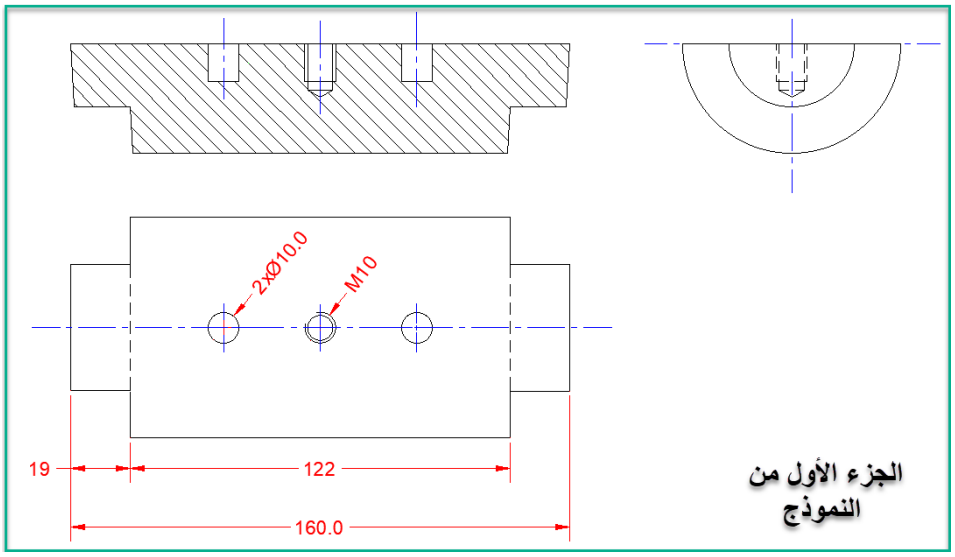
بعد إنجاز التدريب يكون الطالب قادراً على تنفيذ منتج من سبيكة البراص بطريقة السباكة الرملية وكيفية إستخدام اللباب ووضعه في القالب.

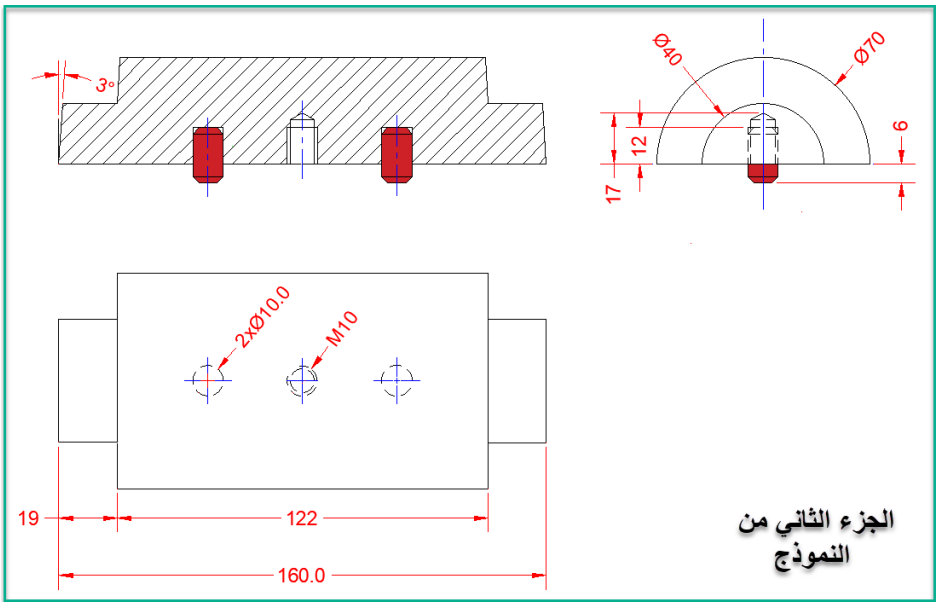


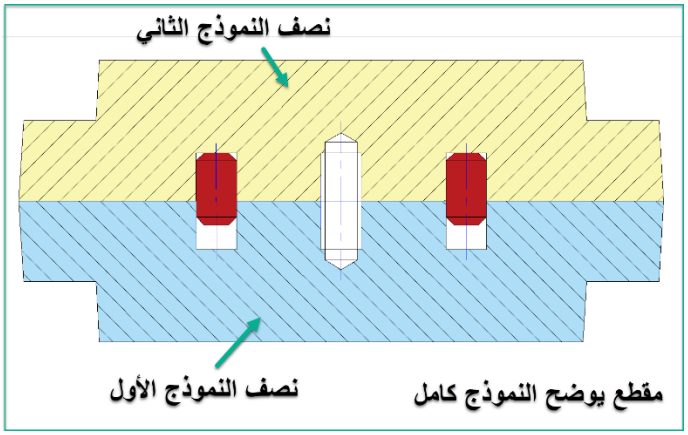
الشكل (1-21) يوضح أبعاد المنتج المطلوب تنفيذه لمسبوكة من البراص

التسهيلات التعليمية: راجع التسهيلات التعليمية في تطبيق 1-1

قبل البدء بخطوات المقالبة وإنتاج المسبوكة يتم تجهيز النموذج إستناداً إلى المخططات الموضحة في الشكل (1-22) بعدها يتم تجهيز اللباب.



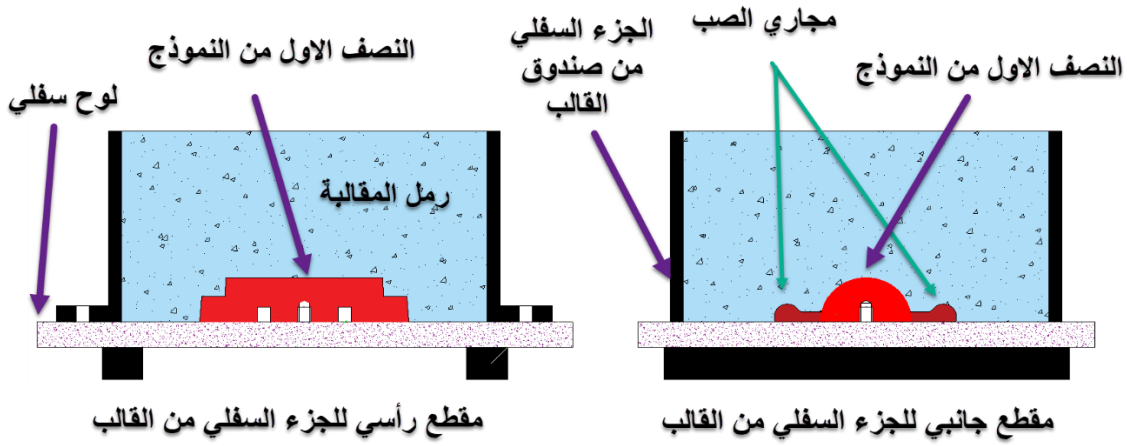




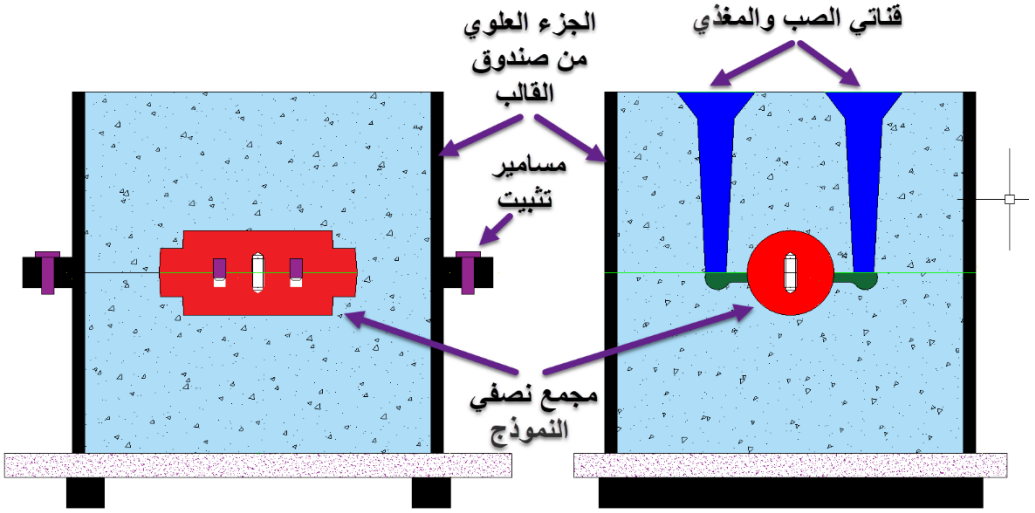
الشكل (1-22) يوضح شكل وأبعاد نموذج السباكة (الأبعاد بالمليمتر)

خطوات العمل:

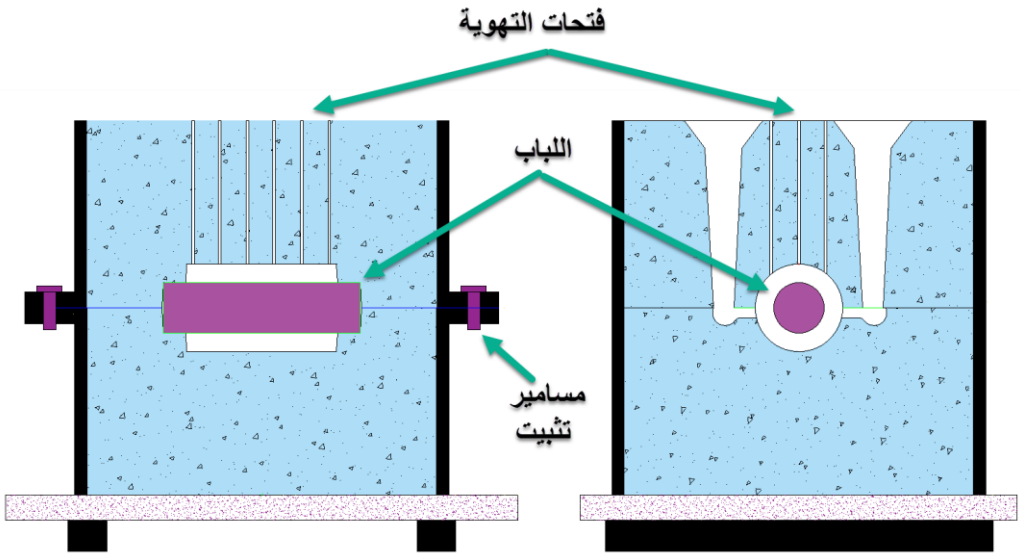
تسلسل الخطوات / الوصف / الرسم التوضيحي
1- يوضع النصف الأول من النموذج على لوح مستوي ثم يوضع فوقه الجزء السفلي من صندوق القالب ونموذجي مجرى الصب المقابلين لقناة الصب والمغذي وترش مادة عازلة فوق النموذج وحوله، ثم يملئ صندوق القالب بالرمل ويدك تدريجيا لحين امتلاء صندوق القالب ويسوى الرمل الزائد بواسطة المسطرة الحديدية.



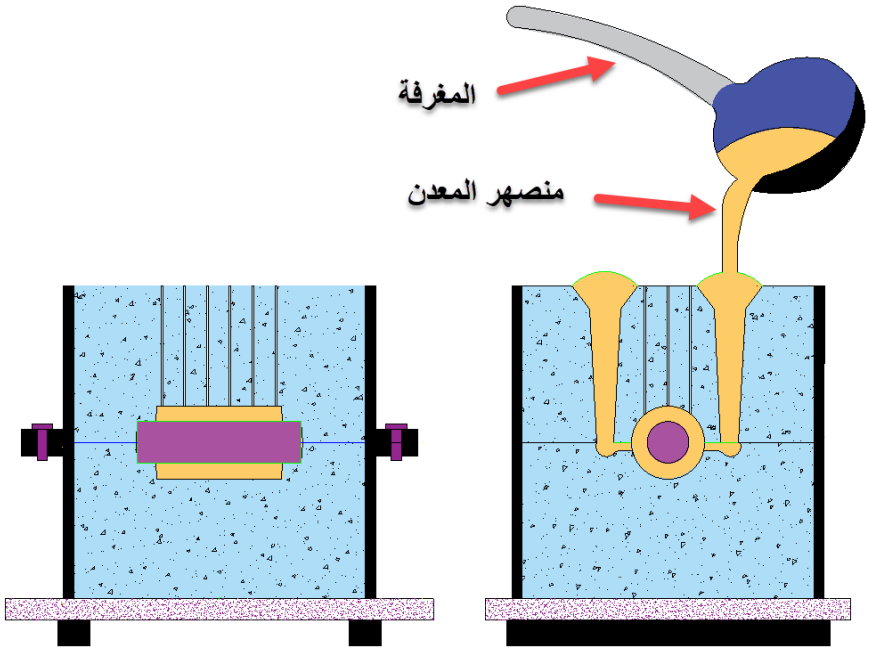
2- قلب الجزء السفلي من صندوق القالب وترش مادة عازلة من جهة النموذج ثم يتم وضع الجزء العلوي من صندوق القالب فوق الجزء السفلي ويوضع نموذجي قناة الصب والمغذي مقابل مجريي الصب ويثبت جزئي القالب بواسطة مسامير التثبيت ثم يرش الرمل مع الدك المرحلي لحين إمتلاء القالب وإجراء تسويه للرمل الزائد.

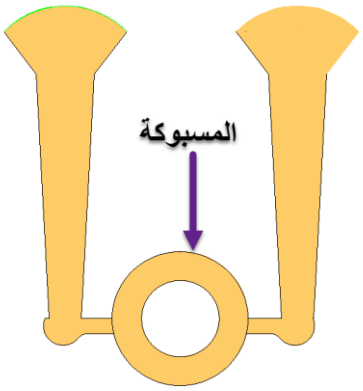


3- فتح الجزء العلوي من القالب وتزال نماذج قناة الصب والمغذي ونصفي النموذج، ثم يتم عمل فتحات تهويه في الجزء العلوي من القالب. يتم وضع اللباب في الجزء السفلي من القالب ويتم تجميع نصفي صندوق القالب وتثبت المسامير الموجهة لمنع أي حركة نسبية بينهما.

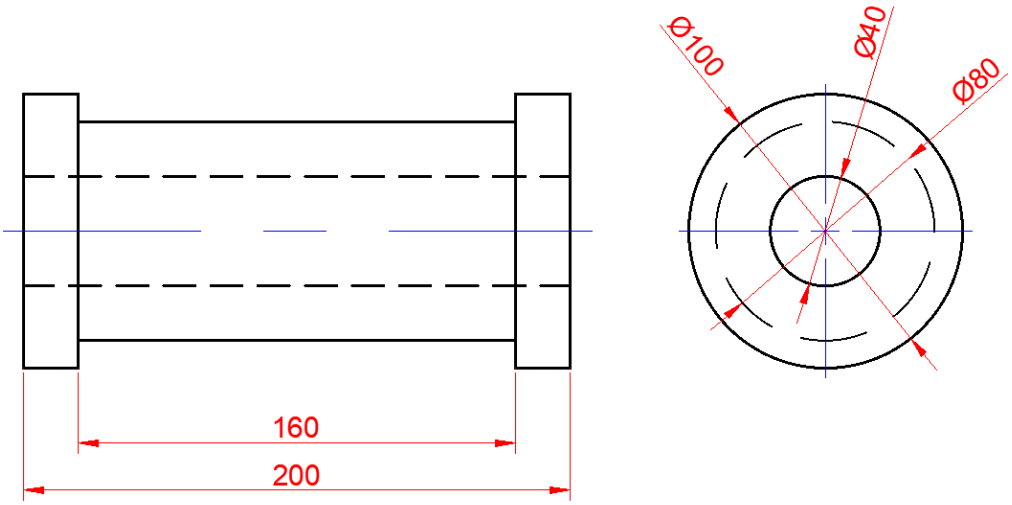


3- يسكب منصهر المعدن بعناية فائقة من خلال قناة الصب ويستمر السكب لحين إمتلاء فجوة القالب وخروج منصهر المعدن من الفتحة العلوية للمغذي ثم تترك المسبوكة إلى أن تصل درجة حرارتها إلى درجة حرارة الغرفة.



5	فتح القالب وإزالة الرمل وكذلك تهشيم اللبـاب داخـل المســبوكــة وتكون الزيادات مرتبطة بها والتي تمثل قناة الصب والمغذي.	
6	قطع الزيادات أما بواسطة عدة تجليخ يدوية أو بواســطة منشــار شــريطي وتكون المسبوكة جاهزة للتشغيل.	
7-	إجراء الفحوصـات المطلوبة للتأكد من مطابقة المسـبوكة للمواصـفات المحددة وخلوها من العيوب.	

تطبيق 1-5: سباكة نموذج إسطواني مجوف بطريقة السباكة الرملية من سبائك الألمنيوم – سيلكون وحسب المخطط الموضح في الشكل (1-23).



الشكل (1-23) يوضح أبعاد المنتج المطلوب تنفيذه لمسبوكة من الألمنيوم (الأبعاد بالمليمتر)

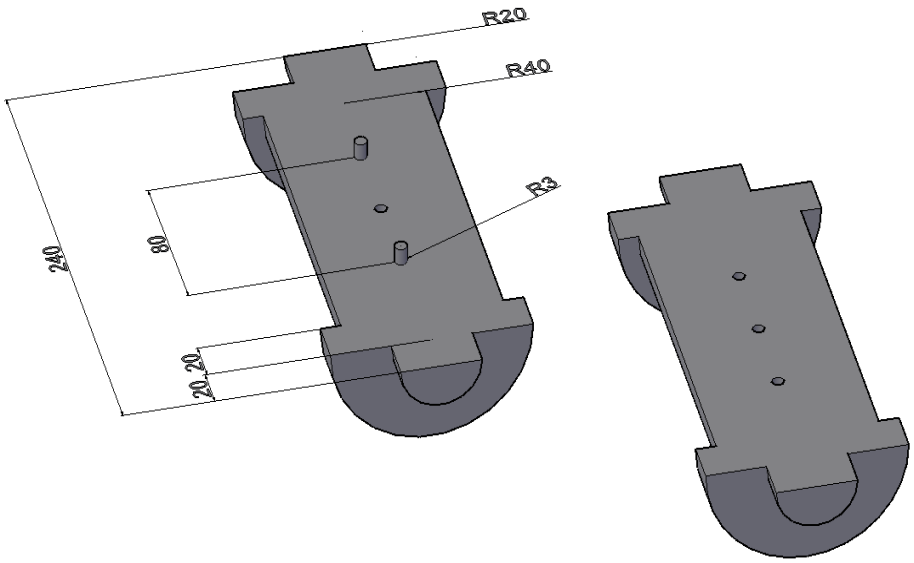
هدف التطبيق:

بعد إنجاز التدريب يكون الطالب قادراً على تنفيذ المنتج بطريقة السباكة الرملية وكيفية إستخدام اللباب ووضعه في القالب.

التسهيلات التعليمية: راجع التسهيلات التعليمية في تطبيق 1-1

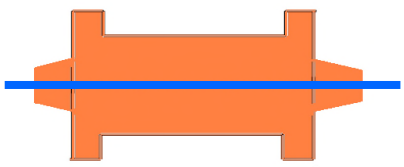
شكل وأبعاد النموذج:

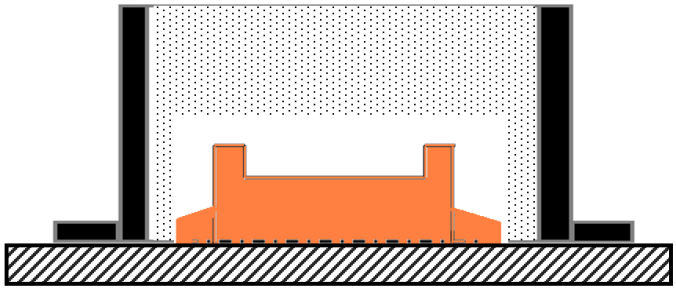
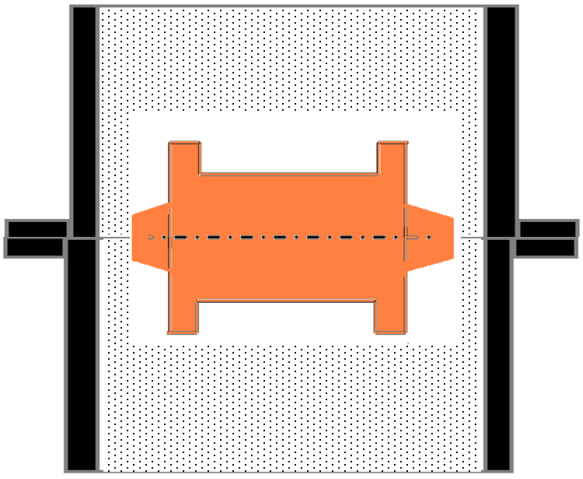
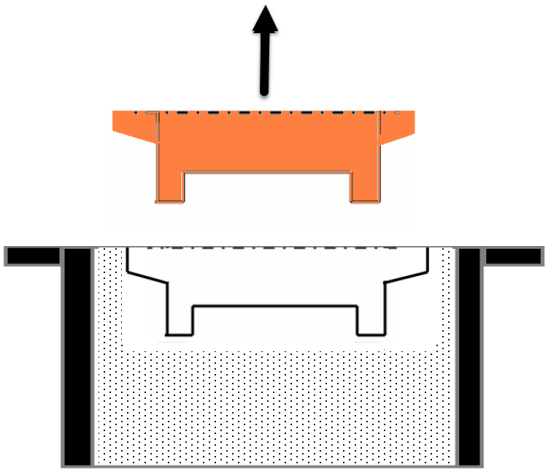
يوضـــح الشـــكل (1-24) مخطط ثلاثي الأبعاد يســـتفاد منه كدليل لتنفيذ النموذج المكون من جزئين والمتعلق بسباكة المنتج المطلوب، مع ملاحظة إهمال سماحات الإنكماش في تحديد أبعاد النموذج.

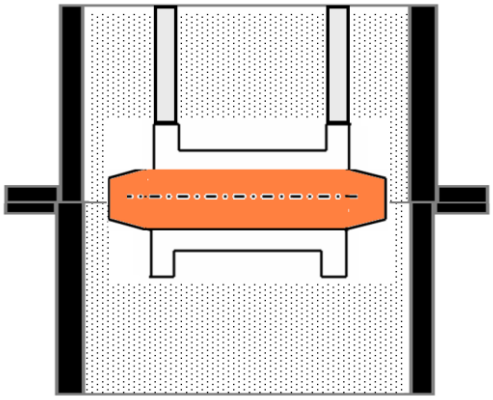
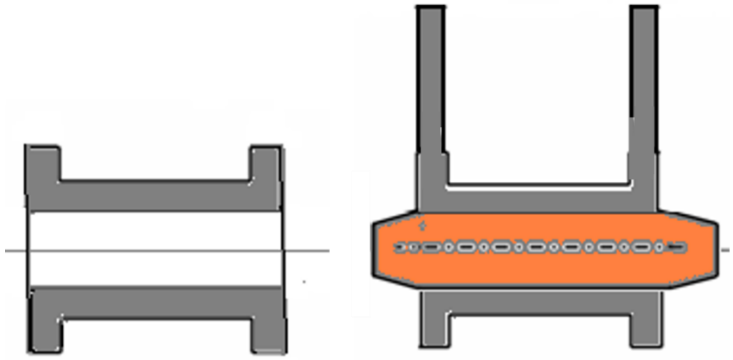


الشكل (1-24) يوضح مخطط ثلاثي الأبعاد لنصفي النموذج (الأبعاد بالمليمتر)

خطوات العمل:

ت	الوصف	الرسم التوضيحي
1	تجهيز نموذج مكون من جزئين يتضمن مكان جلوس اللباب.	

2	وضع القالب السفلي على لوحة المقالبة ثم يوضع النصف الأول للنموذج وترش عليه مادة عازلة. يرش الرمل تدريجيا مع الدك المرحلي لحين مليء القالب وتتم تسوية الرمل الزائد بواسطة مسطرة حديدية.	
3	قلب النصف السفلي من صندوق القالب وترش مادة عازلة من جهة النموذج ثم يوضع الجزء العلوي من صندوق القالب ويحكم تثبيته ثم يثبت النصف الثاني من النموذج وتجهز أماكن قناة الصب والمغذي المفتوح ويدك الرمل مع عمل تسوية له من الأعلى.	
4	فتح جزئي صندوق القالب وسحب النموذج ويتم عمل فتحات تهوية لطرد الغازات المنبعثة اثناء سكب منصهر المعدن وتلافي العيوب.	

5	يتم تجميع جزئي صـــندوق القالب على أن يوضـــع اللباب في مكانة ثم يتم صـب منصـهر المعدن.	
6	يتم تكسير القالب الرملي وإزالة المسبوكة والمغذي وقناة الصب ويتم فصل المغذي وقناة الصب عن المسبوكة مع إزالة أثر قناة الصـــب والمغذي المرتبطين بالمسبوكة بواسطة أداة التجليخ اليدوية أو منشار قطع شريطي.	

6-1 تطبيقات على أنواع الإنجماد:

Applications on the types of Solidification

1-6-1 إنجماد المسبوكات:

هناك نقاط أساسية تؤخذ بنظر الإعتبار عند دراسة إنجماد المسبوكات وهي موضحة كالآتي:

1- الإنجماد يعرف بمعدل الحرارة المنتقلة من منصـــهر المعدن إلى القالب. إن عملية إزالة الحرارة للحصول على منتج من السباكة تعتبر طريقة مهمة.

2- يعتمد المنتج المصنع بطريقة السباكة على زمن الإنجماد وطريقة الإنجماد...، الخ.

3- يعتمد إختيار طريقة السباكة لتصنيع منتج ما على الوظائف التي سوف يؤديها هذا المنتج.

4- يلعب الإنجماد دوراً مهماً في عملية السباكة لإزالة الحرارة من المواد المنصهرة للحصول على المنتج المطلوب مع ضمان جودة سطح مقبولة.

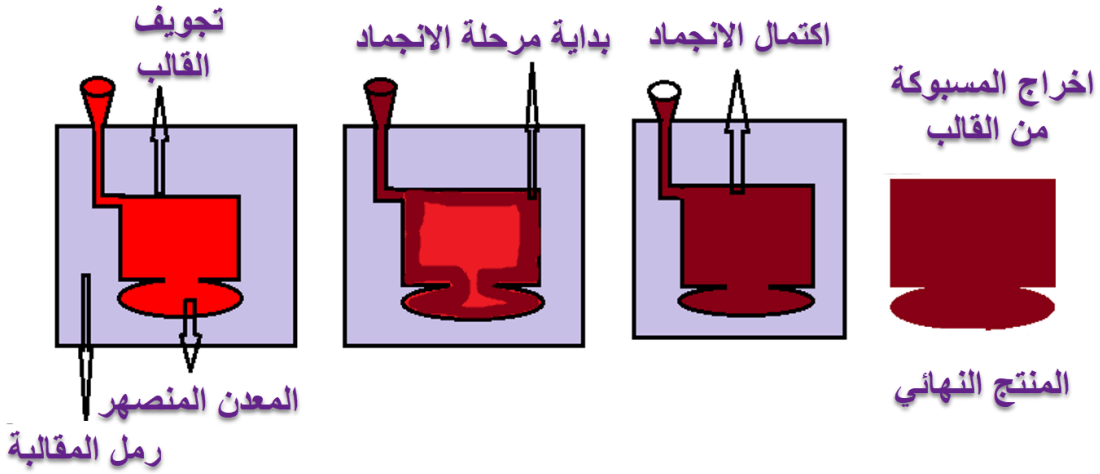
5- سطح المسبوكة يكون أملس في الحالة التي يكون بها زمن الإنجماد طويل، ويتم الحصول على سطح خشن إذا كان زمن الإنجماد قصير.

6- خاصية كثافة المعدن والحرارة الكامنة أيضاً تعتمدان على عملية الإنجماد وشكل المسبوكة.

7- زمن الإنجماد يتناسب طرديا مع مقدار مساحة سطح المسبوكة.

1-6-2 آلية إنجماد المسبوكات:

في عمليات السباكة يُسكب منصهر المعدن في القالب للحصول على الشكل المطلوب. في هذه المرحلة، يعتبر الإنجماد وظيفة مهمة في معدل تبريد منصهر المعدن ويوضح الشكل (1- 25) مراحل إنتاج المسبوكة والتي تبدأ بسكب منصهر المعدن داخل تجويف القالب وبعدها تبدأ مرحلة الإنجماد حيث يلاحظ بداية الإنجماد في المناطق القريبة من جدران القالب ويبقى المعدن في المناطق البعيدة عن جدران القالب في حالة سائلة وتكون المنطقة الواقعة في وسط تجويف القالب هي آخر منطقة تتجمد وبعد اكتمال الإنجماد يتم إخراج المسبوكة من القالب.



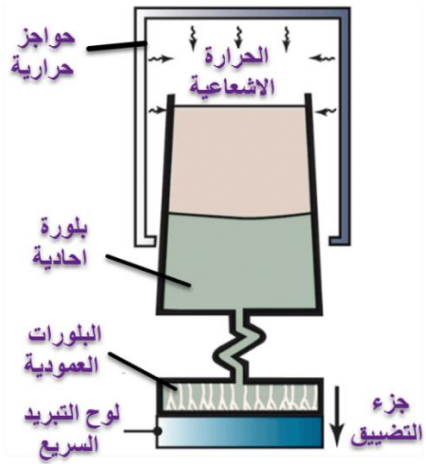
الشكل (1- 25) يوضح مراحل إنتاج المسبوكة

1-6-3 سباكة الريش التوربينة (Casting of Turbine Blades):

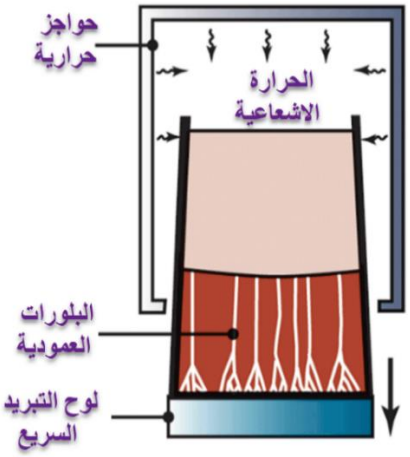
تستخدم تقنيات حديثة في سباكة المكونات أحادية البلورة، مثل ريش التوربينات الغازية المصنوعة عموماً من السبائك الفائقة التي أساسها النيكل، والتي تستخدم في ظروف حرارية عالية داخل المحرك.

أولا: الريش ذات الإنجماد الإتجاهي (Directionally Solidified Blades)

إن مراحل إنتاج ريش التوربين بطريقة الإنجماد الإتجاهي الموضحة في الشكل (1-26) تتم بتسخين القالب الخزفي، المزود بلوح تبريد مبرد بواسطة الماء، ويتم إجراء التسخين الأولي بطريقة التسخين بالإشعاع (radiant heating). بعد أن يسكب منصهر المعدن في القالب فإن المجمع الذي يحتوي صفيحة التبريد يتم تحريكه بإتجاه الأسفل ببطيء، وبذلك تنمو البلورات طولياً، ويكون النمو بإتجاه طولي لجميع البلورات تبعاً لحركة المجمع الذي يشمل القالب الخزفي واللوح المبرد بالماء والمعدن المتجمد.



(ب)



(أ)

(جـ)

الشكل (1-26) طرائق سباكة ريش التوربينات: (أ) الإنجماد الإتجاهي؛ (ب) طريقة إنتاج الريشة الأحادية البلورة؛ (جـ) ريشة أحادية البلورة مع إستمرار توصيل جزء التضييق

ثانيا: طريقة إنتاج الريش أحادية البلورة للتوربينات:

إن عملية نمو البلورات تتم بواسطة قالب خزفي تكون له منطقة ضيقة على شكل حلزوني ذات مقطع عرضي صغير جداً لدرجة أنه يسمح فقط بمرور بلورة واحدة مع وجود جدار تبريد سريع وكما موضح في الشكل (1-26 ب)، عندما تنمو البلورات طولياً نتيجة وجود جدار التبريد السريع فإنها تتوقف عن النمو عند منطقة التضييق وتمر بلورة واحدة فقط من خلال الشكل الحلزوني والذي يمثل الممر الضيق، عندما يتم خفض المجمع الذي يحتوي صفيحة التبريد ببطء، تنمو بلورة واحدة بإتجاه الأعلى خلال الممر الحلزوني الضيق وتبدأ في النمو في القالب لتغطي حجم الريشة بالكامل وبذلك تتشكل ريشة مكونة من بلورة واحدة، ويكون من الضروري أن تراعى السيطرة التامة على معدل الحركة للمجمع الذي يحتوي على القالب وبداخلة ريشة التوربين. على الرغم من أن الريش أحادية البلورة أغلى من الأنواع الأخرى، إلا أن عدم وجود حدود بلورية يجعلها أكثر مقاومة للظروف الميكانيكية والحرارية داخل حجرة الإحتراق في التوربين، وبالتالي تتمتع بعمر خدمة أطول وأكثر موثوقية.

أسئلة الفصل الأول

س1) أذكر الحالات التي تكون فيها السباكة هي الطريقة المفضلة عند المقارنة بطرائق التصنيع الأخرى؟

س2) أذكر طرائق السباكة بالترتيب إذا كانت دقة الأبعاد هي المعيار الرئيسي في إختيار طريقة السباكة؟

س3) ماهي الأصناف الرئيسية لطرائق السباكة؟

س4) عدد الطرائق التي تصنف ضمن السباكة بالقوالب والنماذج المستهلكة؟

س5) عدد الطرائق التي تصنف ضمن السباكة بالقالب المستهلك والنموذج الدائم؟

س6) أذكر الطرائق التي تصنف ضمن السباكة بالقوالب الدائمة؟

س7) ما هو نظام البوابة (gating system) في السباكة؟

س8) أذكر عناصر نظام البوابة؟

س9) أذكر وظائف نظام البوابة في السباكة الرملية؟

س10) أذكر متطلبات التصميم الصحيح لنظام البوابة؟

س11) ماهي الأخطاء المتوقع حدوثها إذا تم تصميم نظام البوابة بشكل غير صحيح؟

س12) عرف حوض الصب أو كأس الصب معززاً إجابتك بالرسم؟

س13) ماهي قناة الصب (Sprue) في نظام البوابة معززاً إجابتك بالرسم؟

س14) هنالك تقسيم للبوابات من حيث موقعها، أذكرها مع وصف مختصر لكل منها معززاً إجابتك بالرسم؟

س15) هنالك نوعان من أنظمة البوابات، أذكرها مع وصف مختصر لها معززاً إجابتك بالرسم؟

س16) وضح بالرسم مكان الخانق (Choke) في نظام البوابة؟

س17) أذكر الإعتبارات الواجب إتخاذها عند تنفيذ البوابة؟

س18) ما الشروط الواجب توفرها لكي تكون المغذيات فعالة؟

س19) أذكر الإعتبارات الواجب مراعاتها في تصميم وتنفيذ المغذيات (الرافعات)، أذكرها واشرح واحدة منها؟

س20) ما تأثير زمن الإنجماد في المغذي على إنتاج سبيكة جيدة ومقبولة؟

س21) ماالشروط الواجب مراعاتها في تصميم وتنفيذ المغذيات؟

س22) ماالشروط الواجب توفرها في المغذيات لضمان معدل تغذية ملائم؟

س23) ماالمعايير التي تصنف بموجبها المغذيات؟

س24) عدد أنواع المغذيات؟

س25) ما مزايا ومحددات المغذي المفتوح؟

س26) ما مزايا ومحددات المغذي المغلق؟

س27) ما المراحل الثلاثة المميزة للإنكماش (Shrinkage) في المعادن والسبائك بإستثناء حديد الزهر الكرافيتي؟

س 28) إشرح آلية إنجماد المسبوكات معززا إجابتك بالرسم؟

س 29) إشرح طريقة إنتاج ريش التوربينات للريش ذات الإنجماد الإتجاهي معززاً إجابتك بالرسم؟

س30) إشرح طريقة إنتاج ريش التوربينات للريش احادية البلورة معززاً إجابتك بالرسم؟

س31) أذكر فوائد المسحوق الكرافيتي المستخدم في السباكة الرملية؟

س32) علل ما يأتي:

1- إن لمعدل التدفق السريع أو البطيء جداً للمعدن المنصهر تأثير في عملية السباكة.

2 - يتم تدوير بئر قناة الصب (sprue well) بزاوية قائمة نحو المجرى.

3 - يسمى نظام البوابة غير المضغوطة بنظام التحكم في الخنق.

4 - يسمى نظام البوابة المضغوطة بنظام التحكم في البوابة.

5 - يتم وضع شرائح معدنية بين بئر قناة الصب والمجرى.

6 - تلعب منطقة الخنق دوراً مهماً في أنظمة البوابات.

7- يجب ألا تزيد نسبة مخرج قناة الصب إلى المقطع العرضي للمجرى عن 1: 2.

8 - في حالة إستخدام نظام البوابات المتعددة، يجب أن تنخفض مساحة المقطع العرضي للمجرى بعد كل مرور عبر اللوح بشكل تدريجي بمساحة مساوية لتلك الموجودة في اللوح.

9 - تكون المغذيات العلوية مفيدة مقارنة بالمغذيات الجانبية.

10 – غالباً ما يكون حجم المغذي المفتوح أكبر من المغلق.

11- يفضل أن تصنع ريش التوربين من بلورة أحادية بدون وجود حدود بلورية.

س33) عرف ما يأتي:

المجرى (runner)، البوابة (In-Gate)، نسبة البوابة (Gating ratio)، الخانق، المغذيات أو الرافعات، المغذي المفتوح، المغذي المغلق، إنجماد المسبوكات، زمن المليء الأمثل.

س34) ماهي النتائج التي تمت الإستفادة منها في تطبيق حساب زمن الإملاء والإنجماد لثلاث مسبوكات بثلاثة أشكال مختلفة تتضمن المكعب والكروي والإسطواني. أذكر أفضل شكل يمكن الإستفادة منه في تحديد نوع المغذي؟

الفصل الثاني

تطبيقات على سباكة سبائك حديد الزهر والفولاذ

(Applications on Casting of Cast Iron and Steel Alloys)

أهداف الفصل

بعد الانتهاء من دراسة الفصل الثاني سوف يكون الطالب قادراً على:

1. **معرفة أنواع حديد الزهر والفولاذ ومميزاتهما.**
2. **إتقان تنفيذ سباكة سبائك حديد الزهر لنموذج معين.**
3. **إتقان تنفيذ المقالبة الرملية المفتوحة لغطاء حوض التفتيش في أرضية مسبك الورشة.**
4. **إتقان السباكة بمقالبة رملية وسحب النموذج لسندان من الفولاذ.**
5. **معرفة وإتقان تطبيق قواعد وشروط السلامة المهنية داخل الورشة.**

الفصل الثاني

تطبيقات على سباكة سبائك حديد الزهر والفولاذ

Applications on the Casting of Cast Iron and Steel Alloys

1-2 سباكة حديد الزهر Casting of Cast Iron

حديد الزهر (الآهين) وهو أحد السبائك الحديدية المهمة ويتكون من عنصري الحديد والكربون مضافاً إليه السيلكون وبعض المعادن الأخرى وبحسب الخواص المطلوبة، بصورة عامة يحتوي على نسبة وزنية تتراوح ما بين (2.1- 4.0) % كاربون، ونسبة وزنية ما بين (1.0- 3.0) % سليكون. هذه المكونات والنسب الوزنية مع انخفاض درجة انصهاره (1150– 1300 درجة سيليزية) يحسنان من خاصية السيوبة (Fluidity) لحديد الزهر بشكل كبير جداً، ويصبح هذا النوع من السبائك الحديدية جذاب جداً للتصنيع بطرائق السباكة المختلفة وخصوصاً السباكة الرملية وبأشكال معقدة وبأحجام تصل إلى عدة أطنان، لاحظ الشكل (2-1) الذي يبيّن كتلة أسطوانة محرك سيارة مصنوع من حديد الزهر بالسباكة الرملية بطريقة نموذج (البولسترين) الرغوة المفقودة (Lost Foam Casting) . علاوةً على ذلك، فإن سباكة حديد الزهر هي أكثر بعدة مرات من مجموع سباكة جميع المعادن الأخرى (إذا ما تم حسابها وزنياً) كون تطبيقات حديد الزهر وسبائكه المتعددة في المجالات الصناعية المختلفة كثيرة جداً لامتلاكه العديد من الخواص المهمة المطلوبة لتلك التطبيقات.

الشكل (2-1) كتلة أسطوانة محرك سيارة مصنوعة من حديد الزهر بالسباكة

1-1-2 أنواع حديد الزهر Types of Cast Iron

هنالك عدة أنواع من حديد الزهر، أهمها هو حديد الزهر الرمادي وهو الأكثر استخداماً وتصنيعاً بطريقة السباكة الرملية. يمكن تصنيف أنواع حديد الزهر الرئيسة بالآتي:

1. حديد الزهر الرمادي Gray Cast Iron
2. حديد الزهر الأبيض White Cast Iron
3. حديد الزهر المطيلي (اللدن) Ductile Cast Iron
4. حديد الزهر الطروق Malleable Cast Iron
5. حديد الزهر السبائكي Alloy Cast Iron

إن حديد الزهر المطيلي (اللدن) هو بنفس مكونات حديد الزهر الرمادي ونفس الشيء بالنسبة لحديد الزهر الطروق حيث هو بنفس مكونات حديد الزهر الأبيض، ولكن يتم الحصول على الحديد اللدن بإضافة بعض عناصر السبك بينما يتم الحصول على الحديد الطروق بالمعالجات الحرارية الخاصة.

2-1-2 خواص حديد الزهر Cast Iron Properties

يُعد كلٍ من حديد الزهر والفولاذ من المعادن الحديدية ويشكل الحديد العنصر الرئيس في كليهما، ولكن يتميز حديد الزهر عن الفولاذ بخواص جيدة عديدة، ويوضّح الجدول (2-1) مقارنة بين ميزات حديد الزهر والفولاذ المسبوك، فضلاً عن أن درجة انصهار حديد الزهر (1150 – 1300) درجة سيليزية هي أقل بكثير من الفولاذ الذي ينصهر بدرجة حرارة تتراوح (1370 – 1500) درجة سيليزية وبالاعتماد على نسبة الكربون.

الجدول (2-1) مقارنة بين ميزات (خواص) حديد الزهر والفولاذ المسبوك

الخاصية	حديد الزهر (Cast Iron)	الفولاذ المسبوك (Cast Steel)
القابلية على السباكة Castability	✓	
القابلية على التشغيل Machinability	✓	✓
امتصاص (تخميد) الاهتزازات Vibration Damping	✓	
تحمل قوى الانضغاط Compressive Strength	✓	
مقاومة الصدمة Impact Resistance		✓
مقاومة التآكل Corrosion Resistance	✓	✓ فقط لـ Stainless Steel
الكلفة Cost	✓	✓

تطبيق 1: سباكة هيكل صمام ماء من حديد الزهر (الآهين)

الهدف من التطبيق:

بعد إنجاز هذا التطبيق يكون الطالب قادراً على سباكة حديد الزهر بطريقة السباكة الرملية لمثل هذه القطع، ويتمكن من العمل ضمن قواعد وإرشادات السلامة المهنية في ورش السباكة.

التسهيلات التعليمية:

1- صندوق مقالبة من جزأين 2- رمل سباكة 3- مناخل متنوعة 4- مدكات متنوعة 5- مادة رابطة 6- نموذج 7- سلك لعمل المنفسات 8- مسطرة تسوية 9- مسحوق الفحم (كرافيت) 10- طين حراري 11- وقود 12 - ملابس وقاية (بدلة عمل- خوذة (غطاء الرأس)- كفوف - نظارات- حذاء عمل).

المعادن اللازمة: المعدن المراد صهره هو حديد الزهر (الآهين).

التجهيزات: 1- فرن الصهر 2- بودقة

ملاحظة

قبل البدء بتنفيذ التطبيق يجب على الطالب أن يعرف ويتقن كيفية التحكم بعملية المقالبة الرملية للحصول على مسبوكات خالية من العيوب، وخصوصاً العيوب الغازية الناتجة من انحسار الهواء والغازات المتولدة أثناء عملية الصب، من خلال التصميم الجيد لمنظومة الصب بدءاً من حوض الصب والقناة الهابطة والمجرى المستعرض والمدخل لتجويف القالب، من ثم طريقة ومقدار دك الرمال وعمل مجاري التنفيس في القالب الرملي، فضلاً عن وضع المغذيات الضرورية. إن القوالب الرملية بالسباكة هي بطبيعتها تسمح بخروج الهواء والغازات المتولدة من خلال القنوات الضيقة بين حبيبات الرمال خاصية (الأنابيب الشعرية) (Capillary Tubes) ولهذا لابد من الاختيار الأنسب لحجم وشكل حبيبات الرمال، وهنالك عوامل عديدة تتحكم بخاصية النفاذية للقوالب الرملية (Permeability) أو يسمى أحياناً في ورش السباكة المحلية بعملية التنفيس.

إن من أهم العوامل التي تتحكم بخاصية النفاذية للقوالب الرملية هي كالآتي:

1. **حجم وشكل ذرات الرمال:** الحجم الكبير والشكل الكروي لحبيبات الرمال تحسن من النفاذية والعكس صحيح، حيث تقل النفاذية في حالة استخدام حبيبات رمال صغيرة ولكن تحسن من سطح المسبوكات وكذلك الشكل غير المنتظم لحبيبات الرمال سيعيق من تنفيس الغازات أي يقلل من خاصية النفاذية للقوالب الرملية، ولكن تحسن من مقاومة القالب.

2. كمية المادة الرابطة (الطين): في حالة زيادة المواد الرابطة لحبيبات الرمال لتقوية القوالب ستقلل في الوقت نفسه من خاصية النفاذية للقوالب.

3. قوة دك الرمال: ستقل النفاذية في حالة الإفراط في دك ورص حبيبات الرمال بالقوالب الرملية.

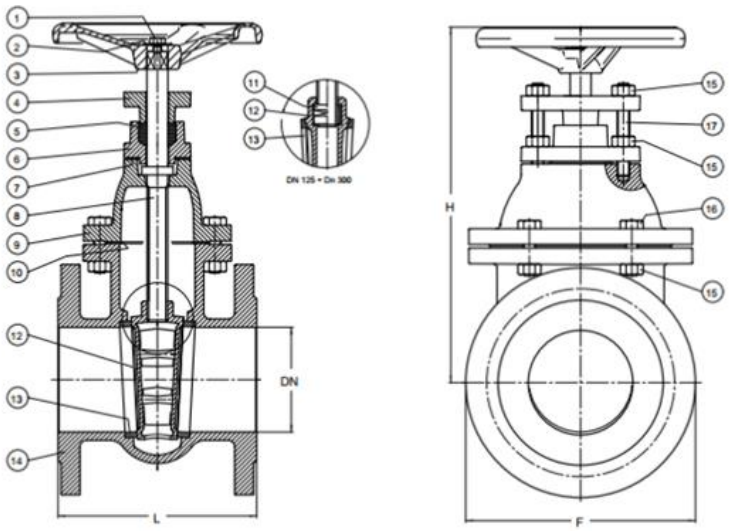
4. كمية الرطوبة: كلما زادت الرطوبة تولدت الأبخرة والغازات وبالتالي ستقل قابلية القالب على طرد جميع تلك الأبخرة (تقل النفاذية).

النموذج:

الشكل (2-2) يبيّن صورة صمام (قفل) ماء بوابي (DN 100) مصنوع من حديد الزهر مع جدول بالأبعاد بحسب سعة الصمام منفذ حسب شركة متخصصة بصناعة الصمامات والأقفال، والشكل (2-3) يوضّح المقطع الرأسي والمسقط الجانبي لصمام الماء للنموذج الخشبي المراد استخدامه في تحضير القالب الرملي، أما الشكل (2-4) فيبيّن المسقط الرأسي والمسقط الأفقي لنموذج القالب الرملي المبسط لجسم الصمام.

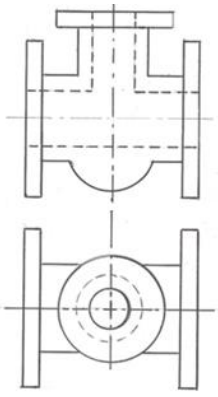
الأبعاد					
المواصفة DN	القياس	F	L	H	Kg
50	2"	165	178	275	13
65	21/2"	185	190	335	17
80	3"	200	203	380	23
100	4"	229	229	435	32
125	5"	250	254	495	43
150	6"	285	267	585	56
200	8"	340	292	710	89
250	10"	405	330	830	134
300	12"	483	356	960	181

الشكل (2-2) صمام ماء بوابي مع جدول بالأبعاد بحسب السعة



الشكل (3-2) المقطع الرأسي والمسقط الجانبي لصمام ماء بوابي

قائمة الأجزاء					
الرقم	الجزء	وصف المادة	الرقم	الجزء	وصف المادة
1	برغي	فولاذ كربوني مطلي	2	حلقة	فولاذ كربوني مطلي
3	عجلة يدوية	حديد زهر	4	قرص التثبيت	حديد زهر
5	واشر تعبئة	PTEE	6	صندوق تعبئة	حديد زهر
7	واشر	خالي من مادة الأسبستوس	8	المحور	براص
9	جسم المحور	حديد زهر	10	واشر	خالي من مادة الأسبستوس
11	برغي الرئيسي	براص	12	إسفين	حديد زهر
13	المقعد	برونز	14	جسم الصمام	حديد زهر
15	صامولة	فولاذ كربوني	16	برغي	فولاذ كربوني
17	مسنن ربط	فولاذ كربوني			



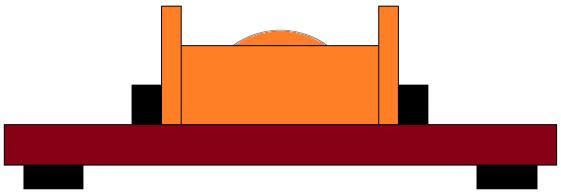
الشكل (4-2) المسقط الرأسي والمسقط الأفقي لنموذج صمام الماء

خطوات تنفيذ التطبيق:

ملاحظة: اتباع نفس خطوات المقالبة التي تعلمتها سابقاً في الصفين الأول والثاني.

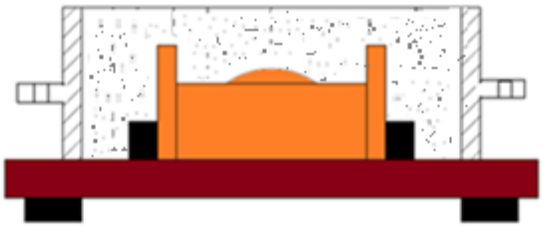
1- تنفيذ جميع خطوات الوقاية والسلامة المهنية.

2- ضع نصف النموذج السفلي على اللوحة الخشبية الخاصة بقالب السباكة وفي مكان مناسب بحيث يتوسط اللوحة، لاحظ الشكل (2-5).



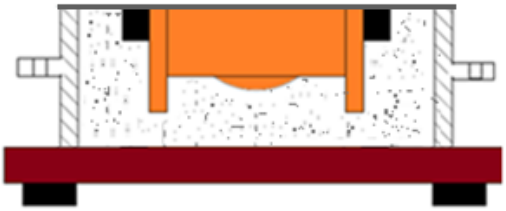
الشكل (2-5) طريقة وضع نصف النموذج السفلي على اللوحة

3- ضع الجزء السفلي لصندوق المقالبة بحيث يكون نصف النموذج في الوسط ويكون السطح المستوي للنموذج للأسفل. ثم رش مسحوق الانفصال على النموذج ومن ثم ضع الرمل الناعم على النموذج، بعدها ضع رمل المقالبة المجهز سابقاً على النموذج ودك الرمل ورصه جيداً بالمدك، كما مبيّن في الشكل (2-6).



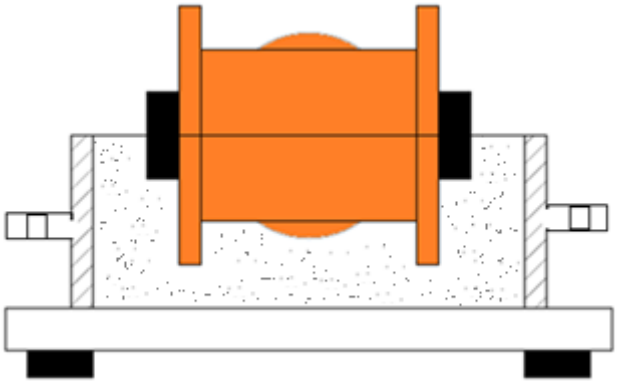
الشكل (2-6) وضع الجزء السفلي لصندوق المقالبة ويكون النموذج في المنتصف

4- اقلب الجزء السفلي لصندوق المقالبة وتسوية السطح بوساطة المسطرة بعد رفع اللوحة الخشبية بهدوء لعدم هدم القالب، ثم ضع مسحوق الكرافيت لعمل حد فاصل بين الجزأين العلوي والسفلي لصندوق المقالبة، كما موضّح في الشكل (2-7).



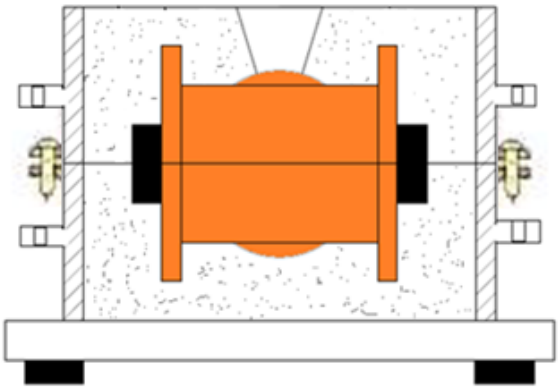
الشكل (2-7) قلب الجزء السفلي لصندوق المقالبة

5- ضع نصف الجزء العلوي على نصف الجزء السفلي للنموذج لإتمام عملية المقالبة، بحيث يظهر الجزء العلوي للنموذج، كما هو مبيّن في الشكل (2-8).



الشكل (2-8) وضع الجزء العلوي للنموذج على الجزء السفلي

6- ضع صندوق المقالبة العلوي على صندوق المقالبة السفلي، واربطه جيداً، ثم قم بوضع الرمل الناعم فوق جزء النموذج العلوي ثم ضع رمل المقالبة فوقه إلى امتلاء صندوق المقالبة وثم رص الرمل بدكه جيداً بالمدك. ثم اعمل مصب في المكان المناسب، كما هو موضّح في الشكل (2-9).

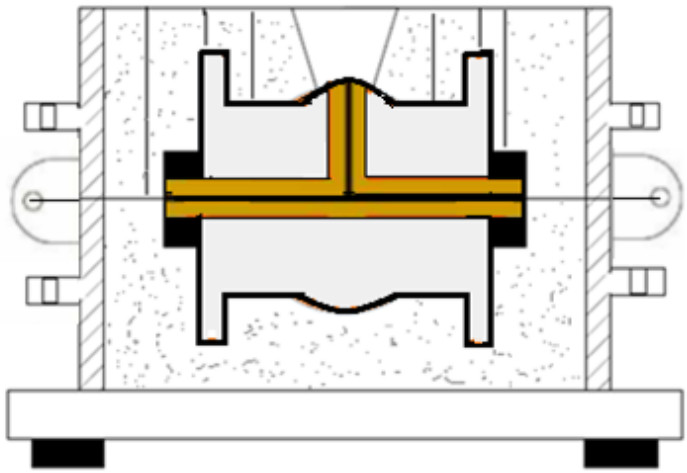


الشكل (2-9) وضع الجزء العلوي للمقالبة على الجزء السفلي

7- ارفع المصب ثم ارفع الجزء العلوي للقالب وضعه على فرشة مستوية ونظيفة من الرمل حيث يوجد فيها النصف العلوي للنموذج، ثم رطب الجزأين بالماء ثم استخرج نصفي النموذج باستخدام شوكة خاصة، واعمل حوض الصب.

8- ضع اللباب (القلب) المُعدّ مسبقاً في مكانه بعد التحميص الجيد للباب والقالب ثم اجرى عملية تجميع الجزئين وتثبيت صندوق المقالبة بإحكام استعداداً لعملية الصب، وكذلك قم بعمل فتحات التنفيس بوساطة

سلك مُعد لهذا الغرض، كما هو مبيّن في الشكل (2-10)، ويراعى بوضع ثقل مناسب من حديد الزهر على الجزء العلوي من المقالبة لمنعه من التحرك بسبب ظاهرة الطفو أثناء الصب.



الشكل (2-10) تجميع جزئي القالب بعد وضع اللباب في مكانه

9- يتم صهر معدن حديد الزهر بالكمية المطلوبة بالفرن الخاص للصهر وتهيئته للصب قبل البدء بعملية المقالبة. وفي هذه المرحلة، ابدأ بتفريغ منصهر المعدن في البودقة من فرن الصهر أولاً، ثم انقل وابدأ بعملية الصب في القالب الرملي، كما هو موضح في الشكل (2-11).

الشكل (2-11) صب منصهر المعدن

10- اترك المسبوكة في القالب لحين انجمادها وبرودتها إلى درجة حرارة الغرفة، ثم قم باستخراجها من القالب.

11- ابدأ بعملية تنظيف المسبوكة واستخراج اللباب من المسبوكة وتنظيف مكانه من الرمل المتبقي باستخدام الهواء المضغوط، ثم قم بإزالة قناة الصب من جسم المسبوكة باستخدام المنشار أو آلة القطع (الكوسرة).

تطبيق 2: سباكة غطاء حوض تفتيش مصنوع من حديد الزهر (الآهين) دائري الشكل بطريقة المقالبة الرملية المفتوحة.

مقدمة:

لا يخلو أي بيت أو شارع أو مصنع أو مدرسة أو بناية من وجود أغطية لأحواض التفتيش في خطوط تصريف المياه الثقيلة وخطوط مد القابلوات الكهربائية وغيرها، الغرض منها هو إجراء عملية الصيانة أو معالجة الانسدادات التي قد تحدث في خطوط أنابيب تصريف المياه الثقيلة. تصنع معظم أحواض التفتيش من حديد الزهر (الآهين)، وتكون هذه الأغطية بأنواع مختلفة الأشكال (الدائرية والمربعة والمستطيلة) وأحجام مختلفة بحسب حجم أحواض التفتيش والتي تعتمد بدورها على حجم الأنابيب الناقلة للمياه أو الغرض الذي أنشئت لأجله، كما هو موضّح في الشكل (2-12).

ملاحظة

هنالك عوامل عديدة تؤدي لاختيار **حديد الزهر** كمعدن مناسب لأحواض التفتيش، أهمها الآتي:

1. **مقاومته العالية للتآكل كون أحواض التفتيش معرضة دائماً لعوامل تآكلية جوية شديدة (ابخرة وغازات).**
2. **ذو مقاومة ميكانيكية عالية وبالأخص مقاومة الانضغاط.**
3. **قابليته الجيدة للسباكة بسبب سيوبته العالية وخصوصاً مع طريقة السباكة الرملية.**

الشكل (2-12) أنواع أشكال غطاء حوض التفتيش

الهدف من التطبيق:

1- بعد إنجاز هذا التطبيق يكون الطالب قادراً على سباكة غطاء حوض تفتيش مصنوع من حديد الزهر (الآهين) دائري الشكل بطريقة المقالبة الرملية المفتوحة.

2- تطبيق قواعد وإرشادات السلامة المهنية في ورش السباكة.

التسهيلات التعليمية:

1- صندوق مقالبة من جزأين 2- رمل سباكة 3- مناخل متنوعة 4- مدكات متنوعة 5- مادة رابطة 6- نموذج 7- سلك لعمل المنفسات 8- مسطرة تسوية 9- مسحوق الفحم (كرافيت) 10- طين حراري 11- وقود 12- قبان مائي 13- مطرقة- 14 ملابس وقاية (بدلة عمل- خوذة (غطاء الرأس) - كفوف – نظارات - حذاء عمل).

المعادن اللازمة: المعدن المراد صهره هو حديد الزهر (الآهين).

التجهيزات: 1- فرن الصهر 2- بودقة.

ملاحظة يتكون غطاء حوض التفتيش من جزئين هما:

1- **الجزء الأول:** إطار غطاء حوض التفتيش من الخارج ويكون مربع عادةً ومن الداخل يكون على شكل دائري كما هو مبيّن في الشكلين (2-13) و (2-14).

الشكل (2-13) الجهة العليا من الإطار

الشكل (2-14) الجهة السفلى من الإطار

2- **الجزء الثاني:** غطاء حوض التفتيش على شكل دائري كما في الشكل (2-15) الذي يوضّح الجهة العليا والشكل (2-16) الذي يوضّح الجهة السفلى.

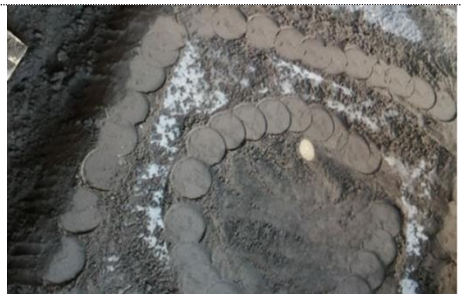
الشكل (2-15) الجهة العليا من الغطاء الشكل (2-16) الجهة السفلى من الغطاء

ملاحظة: يحتوي صندوق المقالبة على أضلاع تقوية متقاطعة من الداخل لزيادة متانة وتماسك وثبات القالب الرملي أثناء رفع القالب وعدم تهشم رمل السباكة أيضاً، كما مبيّن في الشكل (2-17).

الشكل (2-17) صندوق مقالبة يحتوي على أضلاع التقوية

أولاً: خطوات تنفيذ سباكة إطار حوض التفتيش:

ملاحظة: يكون تنفيذ هذا التطبيق في أرضية المسبك للورشة.

الخطوة الأولى: تطبيق قواعد وشروط السلامة المهنية في الورشة	
الخطوة الثانية: ضع نموذج إطار حوض التفتيش على أرضية المسبك بحيث يكون السطح المستوي للأعلى، ثم اطرقه من الجهات الأربع لكي يغرز(لتثبيته) في الرمل.	
الخطوة الثالثة: تسوية سطح النموذج بصورة مستوية أفقية بوساطة القبان المائي.	
الخطوة الرابعة: إملأ الفراغات حول محيط النموذج من الداخل والخارج.	
الخطوة الخامسة: دك ورص الرمل جيداً للحافات الخارجية والداخلية للنموذج.	

الخطوة السادسة: نظف وأزل الرمل الزائد من ســـطح النموذج بوســاطة الفرشــات ومســح الحافات الخارجية والداخلية بالماء.	
الخطوة السابعة: امســح حافات النموذج بالماء ثم حرك النموذج باستخدام الشوكة والمطرقة.	
الخطوة الثامنة: أخرج النموذج وارفعه من رمل المقالبة.	
الخطوة التاسعة: ضع قناة ومجرى الصب في المكان المناسب.	

الخطوة العاشرة: هيأ هيء منصهر حديد الزهر (الآهين) وصبه في البودقة. **ملاحظة مهمة**: توخي الحذر وتجنب المخاطر عند نقل المعدن المنصهر وصبه في القالب. جفف رمل السباكة وصب منصهر المعدن.	

ثانياً: خطوات تنفيذ سباكة الجزء الثاني غطاء حوض التفتيش الدائري:

الخطوة الأولى: تطبيق قواعد وشروط السلامة المهنية.	
الخطوة الثانية: ضع النموذج لغطاء حوض التفتيش على أرضية المسبك ثم اطرقه لكي يغرز (لتثبيته) في الرمل.	
الخطوة الثالثة: استخدم القبان المائي للتسوية.	
الخطوة الرابعة: دك ورص رمل المقالبة حول محيط النموذج ودكه جيداً وإزالة الرمل الزائد.	

الخطوة الخامسة: أضف مادة رابطة لمزيج رمل السباكة لزيادة قوة التماسك.	
الخطوة السادسة: حضر قالب السباكة ومسح جوانبه الداخلية بالماء بوساطة الفرشاة.	
الخطوة السابعة: ضـــع القالب على النموذج بصـــورة جيدة مع مطابقة مركز القالب على مركز النموذج مع رش مسحوق الكرافيت على القالب والنموذج.	
الخطوة الثامنة: حدد فتحات التنفيس والصـــب بوضـــع أنابيب أسطوانية ثم املأ القالب بالرمل ودكه جيداً.	

الخطوة التاسعة: رطب السطح الخارجي بالماء لزيادة التماسك مع رفع أنابيب الصب والتنفيس.	
الخطوة العاشرة: رفع أنابيب الصب والتنفيس وتعديل الفتحات.	
الخطوة الحادية عشر: رفع القالب ووضعه جانباً بكل عناية.	
الخطوة الثانية عشر: تنظيف سطح النموذج ومسح محيطه بالماء.	

الخطوة الثالثة عشر: استخدم الشوكة والمطرقة لإخراج النموذج من القالب.	
الخطوة الرابعة عشر: تسوية أوجه القالب بعد إخراج النموذج من الرمل.	
الخطوة الخامسة عشر: اعد القالب الرملي إلى وضعه الأصلي بالمطابقة والتحقق من صحة التجميع.	
الخطوة السادسة عشر: صب المعدن المنصهر من البودقة في فتحة الصب بعد التأكد من درجة حرارة السكب بأستخدام جهاز قياس درجة الحرارة بالأشعة تحت الحمراء.	
الخطوة السابعة عشر: اترك القالب لمدة مناسبة لحين انجماد منصهر المعدن ويبرد لدرجة الحرارة الطبيعية ومن ثم اخرج المسبوكة ونظفها من الرمل العالق ومن ثم أزل جميع ملحقات منظومة الصب وأنابيب التنفيس.	

تطبيق 3: سباكة إطار غطاء حوض التفتيش بطريقة المقالبة الرملية باستخدام المسامير (تسليح) على شكل حرف S.

الهدف من التطبيق:

1- بعد إنجاز هذا التطبيق يكون الطالب قادراً على سباكة غطاء حوض تفتيش مصنوع من حديد الزهر (الآهين) مربع الشكل بطريقة المقالبة الرملية باستخدام مسامير (تسليح) على شكل حرف S .

2- تطبيق قواعد وإرشادات السلامة المهنية في ورشة السباكة.

التسهيلات التعليمية:

1- صندوق مقالبة مربع يتقوى على أضلاع متقاطعة 2- رمل سباكة 3- مناخل متنوعة

4- مدكات متنوعة 5- مادة رابطة 6- نموذج 7- سلك لعمل المنفسات 8- مسطرة تسوية

9- مسحوق الكرافيت 10- طين حراري 11- وقود 12- قبان مائي 13- مطرقة 14- مسامير على شكل حرف S 15- مقاطع حديد فولاذ مستطيلة الشكل (حديد راسطة).

16- ملابس وقاية (بدلة عمل- خوذة (غطاء الرأس)- كفوف – نظارات - حذاء عمل).

المعادن اللازمة: المعدن المراد صهره هو حديد الزهر (الآهين).

التجهيزات: 1- فرن الصهر 2- بودقة 3- نماذج

خطوات تنفيذ التطبيق:

الخطوة الأولى: تطبيق قواعد وشروط السلامة المهنية.	
الخطوة الثانية: ضـــع النموذج في أرضـــية المســـبك واعمل على إضـافة رمل السباكة ورص جميع جوانب النموذج من الداخل والخارج.	
الخطوة الثالثة: أطرق النموذج من الجوانب بوســـاطة قطعة خشب ليتداخل رمل السباكة من جميع جوانبه.	

الخطوة الرابعة: حرك القالب وارفعه من مكانه بوساطة ماسكة معدنية خاصة.	
الخطوة الخامسة: إرفع النموذج وضعه جانباً.	
الخطوة السادسة: أرجع النموذج إلى وضعه الأصلي بالمطابقة ورشه بمسحوق الكرافيت.	
الخطوة السابعة: ضع القالب بشكل متطابق على النموذج.	
الخطوة الثامنة: ضع مسامير على شكل حرف S على جوانب أضلاع القالب لغرض التقوية.	
الخطوة التاسعة: إملأ القالب بخلطة الرمل ثم دك الرمل جيداً.	
الخطوة العاشرة: إعمل فتحات الصب والتنفيس في المكان المناسب.	
الخطوة الحادية عشر: إعمل إسناد للقالب من الجهات الأربعة بمقاطع فولاذية مستطيلة الشكل (حديد راسطة) من الجوانب الأربعة للحفاظ على القالب من التهشم أثناء رفع القالب.	

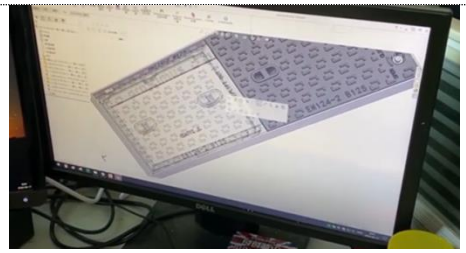
الخطوة الثانية عشر: إرفع القالب أولاً وضعه جانباً ثم أخرج النموذج من القالب.	
الخطوة الثالثة عشر: أرجع القالب إلى وضعه الأصلي بحيث تتطابق فتحات الصب والتنفيس ثم صب المعدن المنصهر في فتحة الصب.	
الخطوة الرابعة عشر: أخرج المسبوكة من القالب بوساطة عتلة ثم إقطع منظومة الصب وأنابيب التنفيس من جسم المسبوكة، ثم نظف المسبوكة من الرمل.	

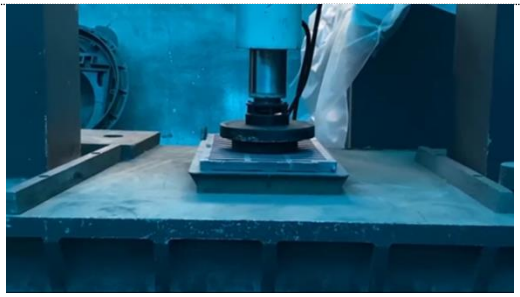
2-2 السباكة الآلية: Automated Casting

إنتشرت وبشكل واسع السباكة الآلية ولمجمل طرائق السباكة المعروفة ومنها السباكة الرملية، ويعود سبب هذا الانتشار إلى أسباب عديدة، أهمها الآتي:

1. تُعد عمليات السباكة من العمليات ذات المخاطر العالية للعاملين بها، ويعزى ذلك إلى التعامل مع المعادن المنصهرة والتي هي عادة ذات درجات حرارة مرتفعة جداً وتشكل إشعاعاتها وغازاتها المنبعثة خطورة كبيرة على جسم الإنسان وصحته، فضلاً عن المخاطر التي يتعرضون إليها أثناء نقل وتركيب قوالب السباكة والمواد الأخرى. لذا أصبح من الضرورة استخدام ماكينات المقالبة والصب الآلية بدلاً من العمليات اليدوية للحفاظ على العاملين من هذه المخاطر.
2. جودة عالية للمسبوكات في الإنتاج الآلي بسبب استخدام ماكينات مقالبة آلية تعمل بشكل فعّال برص الرمل وتوزيعه على النماذج، فضلاً عن السيطرة المحكمة أثناء عمليات الصهر والصب.
3. الإنتاج الكمي العالي وبالتالي تقليل كلف الإنتاج وزيادة المردود الاقتصادي للشركات المصنعة.
4. زيادة معدل إنتاج المسبوكات في وحدة الزمن أعلى بكثير من السباكة بشكل يدوي متقطع.

تطبيق 4: مراحل السباكة الآلية بالمقالبة الرملية لأحواض التفتيش.

1- مرحلة التصميم.	
2- مرحلة صهر المعدن.	
3- مرحلة المقالبة الآلية.	
4- مرحلة رص القالب الرملي.	
5- مرحلة نقل القوالب.	
6- مرحلة الصب.	

7- مرحلة إخراج ونقل المسبوكات.	
8- مرحلة فصل قناة الصب.	
9- مرحلة التنظيف.	
10- مرحلة الفحص الهندسي.	
11- مرحلة الخزن.	

3-2 تطبيقات على سباكة سبائك الفولاذ : Casting for Steel Alloys of Applications

الفولاذ المستخدم في إنتاج القطع المسبوكة عبارة عن سبيكة فولاذية تحتوي على كربون بنسبة لا تزيد عن 0.75%، المسبوكات الفولاذية عبارة عن أجسام معدنية صلدة ذات مقاومة ميكانيكية عالية يتم إنتاجها عادةً عن طريق صهر الفولاذ بأفران كهربائية خاصة مثل فرن القوس الكهربائي أو فرن الحث الكهربائي (Electrical Induction Furnace) الذي تصل درجة حرارته إلى أكثر من (2000 °C) وهي كافية لصهر كافة أنواع سبائك الفولاذ، ومن ثم يتم صب منصهر الفولاذ بقوالب رملية ذات تجاويف بحسب الشكل المطلوب أو قريب من الشكل المطلوب. إن الخواص الميكانيكية لقطع الفولاذ المسبوكة (Cast Steel) هي عموماً أقل من قطع الفولاذ التي يتم إنتاجها بالتشكيل (Wrought Steel)، ومع هذا يتميز إنتاج قطع الفولاذ المسبوكة بإمكانية سباكة قطع فولاذية معقدة الشكل من الخارج وحتى بالتجاويف الداخلية وبأحجام كبيرة جداً وبخطوات تصنيع أقل، لاحظ الشكل (2-18).

الشكل (2-18) بعض أشكال القطع الفولاذية المنتجة بالسباكة

تقوم أفران القوس الكهربائي بصهر المعدن على شكل دفعات (وجبة) باستخدام أقطاب الكرافيت، حيث تمر الشحنة مباشرة بين الأقطاب الكهربائية مما يعرضها لطاقة حرارية كبيرة جداً. أما أفران الحث الكهربائي فتقوم بنقل الطاقة الحرارية عن طريق الحث الكهربائي بين الملف الابتدائي والذي هو عبارة عن ملف نحاسي يثبت حول محيط الفرن والملف الثانوي والذي هو عبارة عن القطع المعدنية المراد صهرها والتي توضع داخل الفرن قبل البدء بتشغيله، والجدير بالذكر أن الأفران الكهربائية تُعد صديقة للبيئة من حيث عدم وجود انبعاثات للغازات التي تحدث في أفران الصهر الأخرى وفي نفس الوقت تعمل تلك الأفران بأقل قدر من فقدان منصهر المعدن. يمكن أثناء عملية الصهر أن تُعرف عينة من الفولاذ المنصهر من الفرن الكهربائي لغرض تبريدها للسماح بانجمادها لغرض تحليلها كيميائياً ومن ثم معالجة التركيب الكيميائي للفولاذ بإضافة نسبة من الكربون او عناصر السبك الأخرى الى المنصهر داخل الفرن.

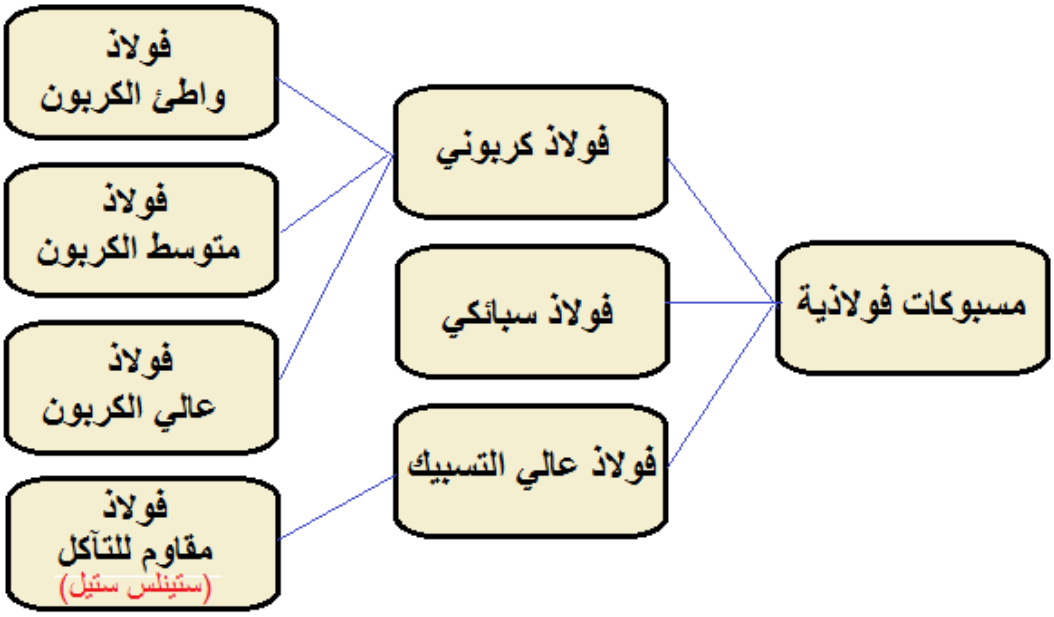
تُعد عملية إنتاج المسبوكات الفولاذية عملية طويلة ومعقدة، وتشتمل على عمليات صهر الفولاذ وتشكيل القوالب واللباب (Cores) وتنظيف المسبوكات وتهذيبها وفي بعض الأحيان عمليات التشغيل النهائية، فضلاً عن المعالجة الحرارية المطلوبة دائماً بعد الحصول على الشكل النهائي للقطع الفولاذية. لذا تحتاج عملية سباكة الفولاذ وحتى حديد الزهر (الآهين) إلى استثمارات كبيرة للاعتبارات أعلاه واستثمارات أخرى للمُعدات الإضافية الأخرى مثل ماكينات استصلاح الرمل وأجهزة جمع الغبار ومنظومات المناولة والنقل التي تنقل معادن منصهرة ثقيلة جداً عادةً. إن المعالجة الحرارية هي أيضاً ضرورية جداً للمسبوكات الفولاذية لتحسين الخواص الميكانيكية بحسب متطلبات التشغيل لتلك المسبوكات.

يجب أن تتوافر مُعدات المناولة المتنوعة والفعالة في مسابك الفولاذ قاطبةً بسبب التعامل مع مسبوكات بأحجام كبيرة في بعض الأحيان ولكون المعدن ثقيل ودرجات انصهاره مرتفعة جداً، لتأمين سلامة العاملين والحفاظ على مكان العمل والبيئة في تلك المسابك، فضلاً عن الالتزام بقواعد وإرشادات السلامة المهنية كافة وبشكل صارم. الشكل (2-19) يبيّن صب منصهر الفولاذ بالقوالب من البودقة وكيفية حملها بمُعدة المناولة (الرافعة) الذي يرفع تلك البودقة، وكذلك ملابس الوقاية للعاملين من خوذة وبدلات عمل واقية من الحرارة والإشعاعات ورذاذ (Splash) منصهر المعدن أثناء الصب والنقل والتي يتعرض غالباً إليها جسم الإنسان.

الشكل (2-19) صب منصهر الفولاذ من البودقة بمُعدات مناولة ونقل جيدة

يتم اســـتخدام المســـبوكات الفولاذية للقطع ذات الأهمية الحيوية في التعدين والســـكك الحديدية والسيارات والمنشآت والمُعدات العسكرية والصناعات المختلفة بما في ذلك صناعات النفط والغاز. يتم اختيار المســبوكات الفولاذية للتطبيقات التي تتطلب قابلية اللحام الجيدة ومقاومة التآكل والمقاومة والمتانة العالية، فضلاً عن القطع الفولاذية التي تعمل عند درجات الحرارة المنخفضة والعالية وفي جو تآكلي.

أنواع الفولاذ المســبوك عديدة بحســب متطلبات التشــغيل والخواص المطلوبة، ويمكن تصــنيفها بحسب التركيب الكيمياوي لها كما في الشكل (2-20).



الشكل (2-20) تصنيف أنواع الفولاذ المسبوك

تطبيق 2-5: السباكة بالمقالبة الرملية النصف آلية لسندان من الفولاذ.

التسهيلات التعليمية:

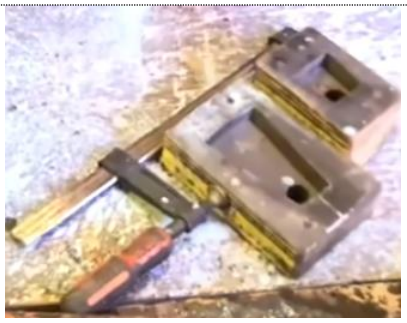
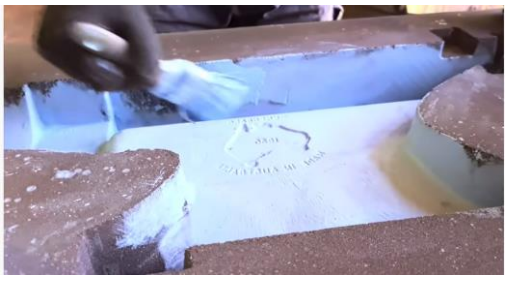
1- صـــندوق مقالبة 2 - رمل الســـباكة 3- مســـحوق الكرافيت 4- مدكات متنوعة 5- المواد الرابطة 6- ســلك لعمل المنفســات 7- ملابس وقاية{ بدلة عمل- خوذة (غطاء الرأس)- كفوف – نظارات - حذاء عمل }.

المعادن اللازمة: المعدن المراد صهره هو الفولاذ.

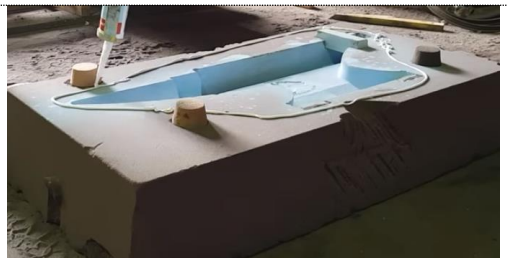
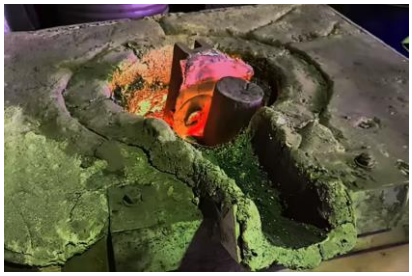
التجهيزات: 1- ماكينات مقالبة نصف آلية 2- فرن صهر كهربائي بالحث 3- بودقة 4- نموذج.

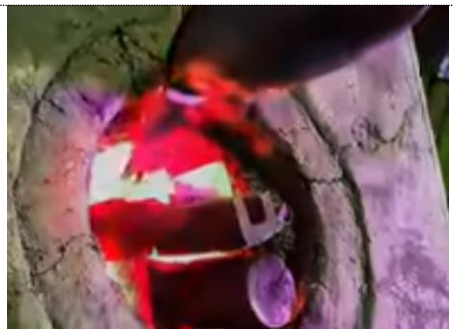
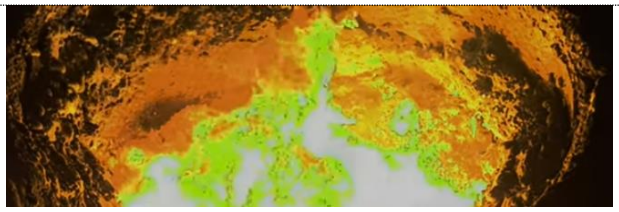
خطوات تنفيذ التطبيق:

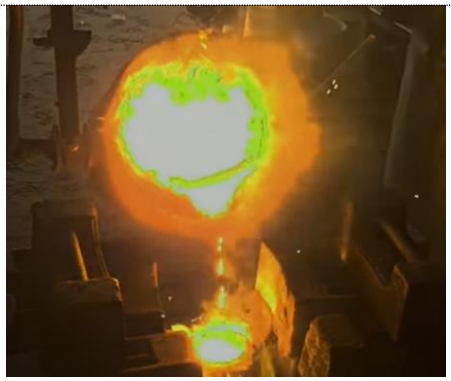
الخطوة الأولى: تطبيق قواعد وشروط السلامة المهنية.	
الخطوة الثانية: وضـــع النموذج في الجزء الســـفلي لصـــندوق المقالبة، ومن ثم رش مســـحوق الفصـــل على النموذج لمنع الالتصاق.	
الخطوة الثالثة: العمل على إضافة رمل السباكة.	
الخطوة الرابعة: توزيع الرمل المقذوف من ماكينة قذف الرمل على النموذج.	
الخطوة الخامسة: توزيع الرمل المقذوف على محيط الصـــندوق السفلي للمقالبة.	
الخطوة السادسة: إملاء صـــندوق المقالبة الســـفلي بالرمل مع التوزيع والدك بالمدك.	
الخطوة السابعة: إزالة الرمل الزائد بوســاطة المســطرة وتســوية سطح القالب.	

الخطوة الثامنة: تهيئة منظومة الصب.	
الخطوة التاسعة: تنظيف تجويف القالب من الرمل العالق به باستخدام الهواء المضغوط.	
الخطوة العاشرة: طلاء تجويف القالب بمادة طلاء زيتي لغرض تحسين سطح المسبوكة وزيادة قابلية القالب الرملي على تحمل درجات الحرارة المرتفعة عند صب منصهر المعدن.	
الخطوة الحادية عشر: تجفيف تجويف القالب بالحرارة الناتجة من اشتعال الكحول الموجود في مادة الطلاء.	
الخطوة الثانية عشر: تشكيل اللباب (القلب) بحسب حجمها وموقعها.	
الخطوة الثالثة عشر: تهيئة اللباب (القلب) وهي عبارة عن أربعة قطع تمثل التجاويف الخاصة بالسندان.	

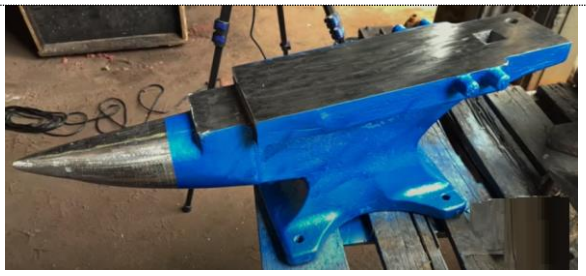
الخطوة الرابعة عشر: وضـع اللباب (القلب) في مكانه للتأكد من حجمه الصحيح.	
الخطوة الخامسة عشر: طلاء جميع اللبـاب (القلب) بغطســـها بـالطلاء الزيتي ومن ثم تجفيفها بنفس الطريقة للحصــول على سطح خارجي وداخلي جيد للمسبوكة.	
الخطوة السادسة عشر: تهيئة نصــف القالب العلوي مع النموذج وطلاءه كما مر ســـابقاً، ولا بد من إضـــافة المغذي (Riser) في المكان الصحيح.	
الخطوة السابعة عشر: قذف الرمل حول النموذج من قاذفة الرمل مع توزيعه على جميع اجزاء النموذج وعلى محيط الصندوق العلوي للمقالبة.	
الخطوة الثامنة عشر: وضع قضبان تسليح عدد 2 في الرمل من حول النموذج لزيادة مقاومة القالب.	
الخطوة التاسعة عشر: وضــع قطعة أســطوانية مجوفة من مادة خزفية مقاومة للحرارة وهي عبارة عن المغذي الرئيس للمسبوكة.	

الخطوة العشرون: رص رمل نصف القالب العلوي بالمدك.	
الخطوة الحادية والعشرون: تسوية سطح نصف القالب العلوي بالمسطرة.	
الخطوة الثانية والعشرون: إضافة مادة لاصقة على سطح نصف القالب السفلي لغرض تثبيت وإحكام نصفي القالب وعدم حصول عيب الزحف.	
الخطوة الثالثة والعشرون: تجميع جزئي القالب العلوي على السفلي.	
الخطوة الرابعة والعشرون: وضع وتثبيت حوض الصب فوق المغذي.	
الخطوة الخامسة والعشرون: تحضير فرن الحث الكهربائي وتشغيله، وبالإمكان أن تصل درجة الحرارة في هذا النوع إلى (2000°C)، ويعمل على تردد عالي بحدود (720 Hz) وقدرة بحدود (100 kW).	

الخطوة السادسة والعشرون: تسخين البودقة التي سوف تنقل منصهر الفولاذ من الفرن إلى موقع الصب في القالب لتجنب حدوث صدمة حرارية فيها وتنكسر، كذلك للمحافظة على درجة حرارة منصهر المعدن.	
الخطوة السابعة والعشرون: وضع أثقال وزنها بحدود أربع مرات من وزن السندان لتثبيت القالب عند الصب.	
الخطوة الثامنة والعشرون: إضافة الكربون الى المنصهر.	
الخطوة التاسعة والعشرون: إضافة المنغنيز Mn بتركيب فيرو منغنيز الى منصهر الفولاذ لتحسين مقاومة (متانة) السندان.	
الخطوة الثلاثون: إزالة الشوائب على شكل خبث والتي تطفو على منصهر المعدن بالفرن قبل صبه.	
الخطوة الحادية والثلاثون: قياس درجة حرارة منصهر المعدن بوساطة جهاز قياس درجة الحرارة عن بعد.	

الخطوة الثانية والثلاثون: يتم صب منصهر المعدن بالمغرفة عند وصول درجة حرارة المنصهر في الفرن بحدود 1630 °C وهي أعلى من درجة انصهار الفولاذ بمقدار معين لضمان عدم انجماد المسبوكة قبل اكتمال زمن الصب.	
الخطوة الثالثة والثلاثون: الاستمرار بصب منصهر المعدن من الفرن الذي يمتاز بأنه يتم التحكم به كهربائيا أو هيدروليكياً.	
الخطوة الرابعة والثلاثون: صب منصهر المعدن في تجويف القالب، لاحظ مقدار الإشعاعات والغازات المتولدة أثناء هذه المرحلة، ومن هنا تأتي أهمية ارتداء ملابس الوقاية والسلامة المهنية، فضلاً عن رذاذ المنصهر الذي يحدث أثناء الصب بالمغرفة أو بالقالب.	
الخطوة الخامسة والثلاثون: اكتمال مرحلة صب منصهر المعدن في حوض منظومة الصب بتجويف القالب. لاحظ رذاذ منصهر المعدن الذي يحدث دائماً ويشكل خطورة كبيرة على جسم الإنسان إذا لم يلتزم بتطبيق قواعد وشروط السلامة المهنية.	

الخطوة السادسة والثلاثون: ترك المسبوكة لمدة 30 دقيقة داخل تجويف القالب لحين انجمادها بالكامل. لاحظ الأثقال فوق القالب لضمان بقاء نصفي القالب في مكانهما وعدم حدوث حالة الزحف بسبب الضغط المتولد في تجويف القالب.	
الخطوة السابعة والثلاثون: تهشيم القالب الرمالي لإخراج المسبوكة وهي مازالت بدرجة حرارة مرتفعة بحدود 1200 °C لغرض إخماد السندان بالماء.	
الخطوة الثامنة والثلاثون: إخراج المسبوكة (السندان) من القالب الرملي وهي بدرجة حرارة مرتفعة إذ يشير لونها الأحمر إلى درجة حرارتها المرتفعة.	
الخطوة التاسعة والثلاثون: إخماد المسبوكة بالماء للحصول على بنية مجهرية ذات صلادة عالية. تتم إزالة أجزاء منظومة الصب والمغذي من جسم السندان والبدء بعمليات التهذيب والتنظيف.	
الخطوة الأربعون: يتم وضع السندان في ماكينة التنظيف (الحمام الرملي) للحصول على سطح ذو ملمس ناعم.	

الخطوة الحادية والأربعون: عملية الصقل بآلة الصقل (الكوسرة اليدوية) للحصول على سطح ناعم جداً وخصوصاً للأجزاء الضرورية التي تلامس مناطق العمل والأجزاء المدببة.	
الخطوة الثانية والأربعون: مرحلة الصبغ النهائية لأجزاء السندان الخارجية، ويصبح بعد ذلك السندان جاهز للإستخدام.	

أسئلة الفصل الثاني

س1) ما هي العوامل المؤثرة على خاصية النفاذية (Permeability) في القوالب الرملية؟ وضّحها.

س2) قارن بين ميزات حديد الزهر والفولاذ المسبوك، اعمل جدولاً بالمقارنة.

س3) لماذا إنتشرت وبشكل واسع السباكة الآلية ولمجمل طرائق السباكة المعروفة؟ بيّنها.

س4) أذكر خطوات ومراحل السباكة الآلية بالمقالبة الرملية لأحواض التفتيش.

س5) صنف أنواع الفولاذ المسبوك.

س6) إملأ الفراغات الآتية بما يناسبها:

1. حديد الزهر هو أحد السبائك الحديدية المهمة ويتكون من عنصري الحديد و .....
2. مكونات حديد الزهر الأساسية مع انخفاض درجة انصهاره يحسنان من خاصية .....
3. إن سباكة حديد الزهر هي أكثر ..... من مجموع سباكة جميع المعادن الأخرى.
4. يمكن تصنيف أنواع حديد الزهر الرئيسة بالآتي: حديد الزهر الرمادي و..... و.....
5. إن درجة انصهار حديد الزهر هي بحدود ..... درجة سيليزية وهي ..... من الفولاذ الذي ينصهر بدرجة حرارة تتراوح ..... درجة سيليزية وبحسب نسب الكربون في مكوناتهم.
6. الفولاذ المستخدم في إنتاج القطع المسبوكة عبارة عن سبيكة حديدية تحتوي على كربون بنسبة لا تزيد عن .....

7. معالجة التركيب الكيميائي للفولاذ بإضافة نسبة من ..... للمنصهر داخل الفرن.
8. إن المعالجة الحرارية للمسبوكات الفولاذية ضرورية جداً لتحسين ..... بحسب متطلبات .....
9. إستخدام المسبوكات الفولاذية للقطع ذات ..... في السكك الحديدية والسيارات والمنشآت والمُعدات العسكرية والصناعات المختلفة بما في ذلك صناعات .....
10. يتم إختيار المسبوكات الفولاذية للتطبيقات التي تتطلب ..... الجيدة ومقاومة التآكل و المقاومة والمتانة ..... ، فضلاً عن القطع الفولاذية التي تعمل عند درجات الحرارة المنخفضة والعالية وفي .....

س7) علل الآتي:

1. طبيعة القوالب الرملية بالسباكة تسمح بخروج الهواء والغازات المتولدة.
2. يجب تسخين وتحميص تجويف القالب واللباب جيداً قبل صب منصهر المعدن.
3. يراعى بوضع أثقال مناسبة على الجزء العلوي من القالب قبل صب منصهر المعدن.
4. استخدام حديد الزهر كمعدن مناسب لأحواض التفتيش.
5. مع إن الخواص الميكانيكية لقطع الفولاذ المسبوكة هي أقل من قطع الفولاذ المشكلة ولكن يبقى استخدامها منتشراً.
6. تستخدم الأفران الكهربائية في صهر الفولاذ وسبائكه.
7. يجب أن تتوافر مُعدات المناولة المتنوعة والفعالة في مسابك الفولاذ.
8. طلاء تجويف القالب واللباب بمادة طلاء زيتي.
10. إخماد المسبوكة الفولاذية وهي ساخنة جداً بالماء.

الفصل الثالث

تطبيقات على السباكة بالقوالب المعدنية

(Applications on Die Casting)

أهداف الفصل

بعد الإنتهاء من دراسة الفصل الثالث سوف يكون الطالب قادراً على:

1 - المقارنة بين القوالب الدائمة والقوالب المستهلكة.

2 - تهيئة القوالب المعدنية وكيفية نقل المعدن من أفران الصهر إلى القالب.

3- تنفيذ السباكة في ماكينات الغرف الساخنة (Hot-Chamber) ومعرفة كيفية إدامة أجزاء القالب الداخلية.

4 - تنفيذ السباكة في ماكينات الغرف الباردة (Cold-Chamber) وعملية تسخين القالب قبل عملية السباكة مع تزييت أو طلاء أجزاء القالب فى هذه العملية.

تمهيد:

يعود فن سباكة المعادن في القوالب الدائمة إلى آلاف السنين، حيث كشف علماء الآثار عن أدلة تشير إلى أن البشر القدامى قد تعلموا تشكيل الطين وفخره لغرض تحويله إلى أشياء مفيدة. في العصر البرونزي، كانت القوالب عبارة عن قطعة واحدة ومفتوحة، وكانت المسبوكات التي تم إنتاجها مسطحة من جانب واحد ويجب طرقها لعمل الأشكال النهائية. بحلول عام 3000 قبل الميلاد، تم تصنيع النحاس والبرونز وصبهما في الأسلحة والأدوات وكذلك السفن المخصصة لممارسات الطقوس. يمكن أن يُعزى ظهور السباكة بالقوالب كعملية تصنيع في العصر الحديث إلى الحاجة إلى تحسين طرق الطباعة، وفي العام 1439 م، إبتكر يوهان جوتنبرج عملية لصنع أحرف كتابة للطابعات أو نص متصل - من سبيكة رصاص مصبوبة في قالب دائم، حيث تم إنتاج حروف متطابقة في جميع المسبوكات المنتجة بهذه الطريقة، وأدى ذلك إلى توسيع قدرات صناعة الطباعة بشكل كبير، وتم منح أول براءة اختراع في العام 1849 م، لآلة صغيرة تعمل يدوياً ساعدت في مكننة إنتاج الطباعة. السباكة بالقوالب المعدنية تكون مناسبة لإنتاج أجزاء صغيرة إلى متوسطة الحجم بتفاصيل معقدة. يتم إنشاء معظم المسبوكات المنتجة بهذه الطريقة من المعادن غير الحديدية مثل الخارصين والألمنيوم والرصاص والمغنيسيوم نظراً لخصائصها الممتازة. إن عملية السباكة بالقوالب المعدنية هي عملية تصنيع سريعة وموثوقة وفعالة من حيث التكلفة وتتميز بإخضاع منصهر المعدن الى ضغطٍ عالٍ في تجويف القالب. ويصنع القالب من الفولاذ وهو مصمم بشكل فريد لكل مشروع، بحيث يصمم قالب جديد لكل منتج جديد. وتتميز تجاويف القوالب بدرجة عالية من الدقة ويمكنها إنتاج أجزاء أو منتجات بتفاوتات دقيقة. يتم الحفاظ على الضغط في القالب لفترة كافية للسماح للمعدن بالإنجماد، وبعد ذلك يتم فتح القالب للسماح بإخراج المسبوكة. ثم يتم إغلاق القالب وتحضيره للمرحلة التالية، بحيث يمكن إعادة استخدامه على الفور، ويمكن إستخدام قالب واحد لإنتاج آلاف المسبوكات في تتابع سريع.

1-3 مقارنة بين القوالب المستهلكة والدائمة:

Comparing Between Expendable and Permanent Molds

السباكة في القوالب: هي عملية الحصول على مسبوكات بسكب منصهر المعدن في تجويف قالب له شكل المنتج المطلوب تصنيعه، وبعد إنجماد المعدن يتم إستخراج المسبوكة من القالب. غالباً ما يتم إستخدام السباكة لإنتاج الأشكال المعقدة التي سيكون صنعها بطرائق أخرى باهظة الثمن. المسبوكات هي منتجات

سـباكة المعدن المنجزة بعملية مفردة من منصـهر المعدن بدون اسـتخدام أي عملية من عمليات التشـكيل الميكانيكي مثل الدرفلة أو الطرق.

هنالك فئتان رئيسيتان من السباكة المستخدمة اليوم: القوالب المستهلكة والقوالب الدائمة.

3-1-1 السباكة بالقوالب المستهلكة:

هذه الطريقة في السـباكة تشـمل القوالب المؤقتة وغير المجهزة للاسـتخدام ثانية والطرائق الأكثر شيوعاً لسباكة القوالب المستهلكة هي:

1- السباكة الرملية.

2- السباكة بالجبس.

3- السباكة الدقيقة (السباكة بالشمع المفقود).

4- السباكة بالرغوة المفقودة.

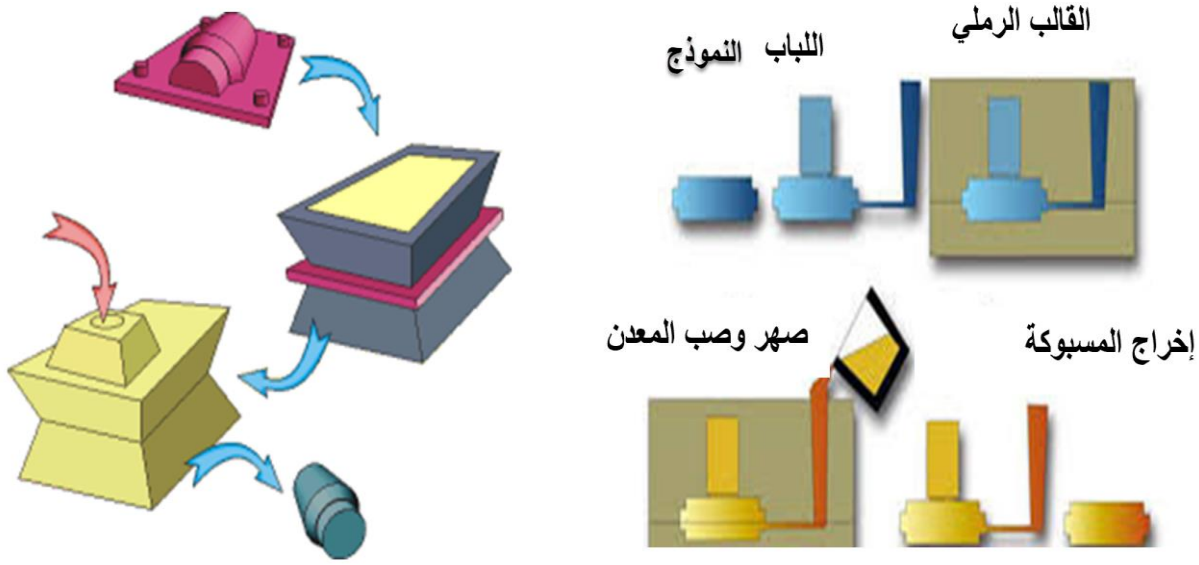
1-السباكة بالرمل (Sand Casting):

يعُد الرمل أحد أهم وأبسـط طرائق السـباكة التي اسـتخدمت على مر العصـور. تسـمح القوالب الرملية بالحصـول على مسـبوكات (في الدفعات الصـغيرة) تقارن بتلك المصـنوعة في القوالب الدائمة وبكلفة معقولة. وليست الكلفة هي العامل الإيجابي الوحيد لهذه الطريقة، بل الحجم الصغير أيضاً للورشة. يمكن إنتاج المسـبوكات لمعظم المعادن بطريقة السـباكة الرملية، وذلك بإختيار نوع الرمل المسـتخدم. تحتاج عملية السـباكة في القوالب الرملية لعدة أيام كفترة إنتاجية للحصـول على معدل إنتاج عالي (1-20 قطعة/دقيقة لكل قالب)، وهي طريقة فعالة لإنتاج القطع الكبيرة. يكون السـطح النهائي للسـباكة بالرمل خشناً. يجب قص العديد من أجزاء المسبوكات بعد السباكة.

الفوائد:

- إنخفاض تكاليف الإنتاج.
- عملية سريعة وبسيطة.
- متعدد الاستخدامات ولمختلف العادن.
- إنتاج اشكال معقدة.

المحددات: سطح خشن، وغالباً ما يتطلب معالجة إضافية.



الشكل (3-1) يوضّح عملية السباكة الرملية

2-السباكة بالجبس (plaster casting):

يستخدم في هذه الطريقة قالب مصنوع من الجبس يسمى جبس باريس. يمكن أن ينتج الجبس أشكالاً معقدة للغاية مع إنهاء سطحي جيد، مما يساعد على إلغاء الحاجة إلى معالجة إضافية. من السهل صنع القالب، وعادة ما يستغرق أقل من أسبوع، لكن معدل الإنتاج أبطأ قليلاً من القوالب الرملية. لا يمكن لقوالب الجبس التعامل مع الأجزاء الكبيرة والثقيلة للغاية ولا درجات الحرارة المرتفعة، وبالتالي فهي مقصورة على المعادن غير الحديدية ذات درجة انصهار قليلة.

- **جبس باريس: جبس سريع التحضير والإعداد مكون من مسحوق أبيض ناعم (كبريتات الكالسيوم شبه مائية)، الذي يتصلب عندما يرطب ويسمح له بالجفاف.**

الشكل (3-2) يوضّح عملية السباكة بالجبس

الفوائد:

1- إنهاء سطحي ممتاز.
2- انتاج أشكال معقدة.
3- سهولة صناعة القالب بكلفة واطئة.

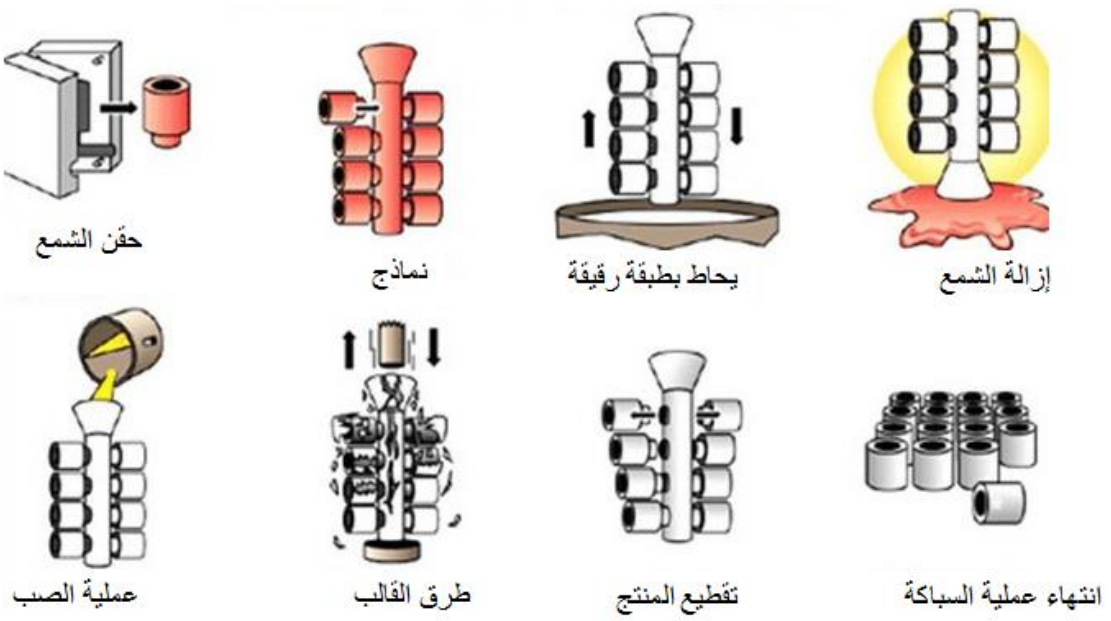
المحددات:

1- غير قابلة للإستخدام مع المعادن الحديدية الثقيلة.
2- تقتصر على الأجزاء الصغيرة الخفيفة الوزن (اقل من 45 كغم).

3-السباكة الدقيقة (السباكة بالشمع المفقود) (Investment casting):

تستخدم في هذه الطريقة قوالب الشمع، وهي قوالب مصنوعة من الشمع المحاط بمواد مقاومة للحرارة. إذ يصنع النموذج الخاص بنفس شكل المسبوكة، مع نظام صب المعدن من شمع خاص، ويشكّل حول نموذج الشمع، قالب من مادة سيراميكية مقاومة للحرارة تشكل طبقة قشرية حول النموذج، ثم يعرض القالب أو القشرة إلى حرارة، بحيث يذوب الشمع ويسيل خارج القالب، ويصب منصهر المعدن في التجويف المتشكل. تستخدم طريقة السباكة الدقيقة من أجل إنتاج القطع الفنية (التماثيل) ولإنتاج قطع محركات الطائرات النفاثة المصنعة من السبائك العالية المقاومة. بعد تصلب المسبوكة، يتم إزالة المادة

المقاومة للحرارة مما يتيح الحصول على أسطح ناعمة للغاية ويساعد على تجنب الخطوط الفاصلة التي تظهر مع القوالب الدائمة. نظراً لأن العملية تتطلب العديد من الخطوات، فقد تكون مكلفة مقارنة بسباكة الرمل أو الجبس. يمكن أن تكون التكاليف الأولية مرتفعة بسبب الحاجة إلى قوالب رئيسية. هذا النوع من السباكة هو أكثر فعالية من حيث التكلفة لإنتاج كميات كبيرة جداً.



الشكل (3-3) يوضح عملية السباكة الدقيقة (السباكة بالشمع المفقود)

الفوائد:

- شكل دقيق للغاية.
- الشكل النهائي ذات انهاء سطي جيد لايحتاج الى عمليات تشغيل أخرى.
- مناسب للسباكة في درجات حرارة عالية.

المحددات:

- تكاليف مرتفعة للمعدات .
- إقتصادية فقط للكميات الكبيرة بسبب حجم المعدات.

4-السباكة بالرغوة المفقودة (Evaporative-pattern casting):

يستخدم في هذه الطريقة نموذج مصنوع من مادة تتبخر عند صب المعدن الذائب إلى تجويف القالب. أكثر مادة شائعة في السباكة بطريقة النموذج المتبخر هي رغوة البوليستيرين، تظل المادة داخل القالب (الرمل) وتتبخر على الفور عند سكب منصهر المعدن عليها. يمكن تطبيق هذه العملية على مجموعة متنوعة من المعادن الحديدية وغير الحديدية. لا توجد خطوط فاصلة في هذه العملية ويمكن صنع أشكال معقدة. يمكن عمل دفعات بكميات أقل عن طريق كتلة الرغوة باستخدام الماكينات المبرمجة (CNC). هذه طريقة بسيطة للغاية وغير مكلفة نسبياً. يمكن أن تكون هناك تكاليف عالية إذا كانت هناك حاجة إلى قالب معدني لصنع نموذج المقالبة. يجب أيضاً إجراء العملية بعناية حيث يمكن أن تتلف نماذج الرغوة بسهولة.

الشكل (3-4) يوضح عملية السباكة بالرغوة المفقودة

الفوائد:

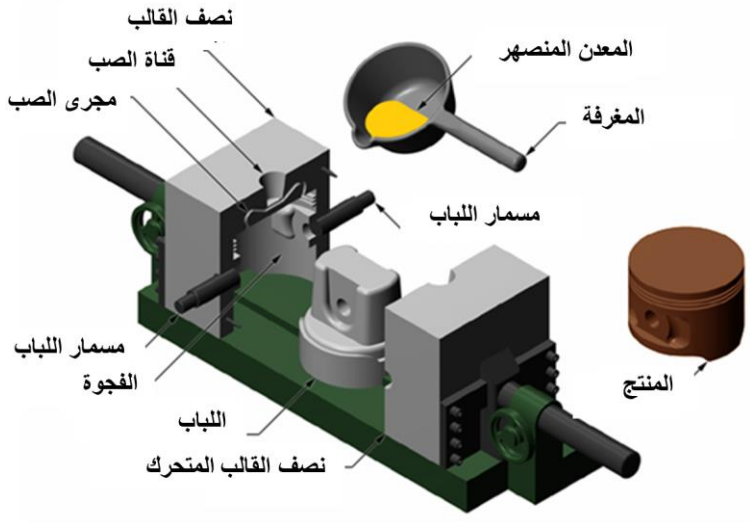
- عملية السباكة بالرغوة أكثر اقتصادا من السباكة الدقيقة لأنها تتضمن خطوات عمل أقل.
- يمكن أن تصنع أشكالاً معقدة والحصول على تشذيب جيد للسطح.
- دقة عالية بالأبعاد.

المحددات:

- قد تكون تكاليف الأدوات للقوالب كبيرة الحجم باهظة الثمن.
- يمكن أن تتلف أو تتشوه النماذج إذا تم تعبئتها بشكل غير صحيح.

3-1-2 السباكة بالقوالب الدائمة (Permanent Mold Casting):

تستخدم السباكة في القوالب المعدنية (من معادن مناسبة تتحمل درجات حرارة صب المعدن) من أجل الحصول على عدد كبير من المسبوكات، ويسمى هذا القالب بالقالب الدائم. يتم سكب المعدن المنصهر في قالب يتم تثبيته بإغلاقه حتى تبرد المادة وتتجمد في الشكل المطلوب. يستخدم في السباكة قالباً معدنياً مصنوعاً من الفولاذ أو الحديد الزهر ويمكن إعادة استخدامه لعدة آلاف من الدورات. نظراً لأن المعدن المنصهر يُسكب في القالب ولا يُحقن تحت تأثير الضغط، لذلك تسمى هذه الطريقة "السباكة بالقوالب الدائمة بفعل الجاذبية"، لأنه ينقل المعدن الى تجويف القالب حتى يمتلئ ويتجمد داخل القالب بدون إستخدام أي قوة خارجية. عادةً ما يتم إستخدام هذه الطريقة للإنتاج بكميات كبيرة من الأجزاء المعدنية الصغيرة والبسيطة بسمك جدار موحد. تُستخدم المعادن غير الحديدية عادةً في هذه العملية، مثل سبائك الألمنيوم وسبائك المغنيسيوم وسبائك النحاس والخارصين. ومع ذلك، يمكن أيضاً سباكة الحديد والفولاذ بإستخدام قوالب الكرافيت. تشمل الأجزاء المنتجة بالقوالب الدائمة التروس وأغلفة التروس وتركيبات الأنابيب ومكونات السيارات والطائرات مثل المكابس والدفاعات والعجلات، ويوضح الشكل (3-5) عملية السباكة بالقالب الدائم لإنتاج مكبس سيارة من الألمنيوم.



الشكل (3-5) يوضح عملية السباكة بالقالب الدائم لإنتاج مكبس سيارة من الألمنيوم

الفوائد:

1- يمكن استخدامها بسباكة أشكال معقدة.
2- خصائص ميكانيكية جيدة.
3- سباكة المعادن الحديدية واللاحديدية.
4- مسامية منخفضة.
5- تكلفة عمالة منخفضة.

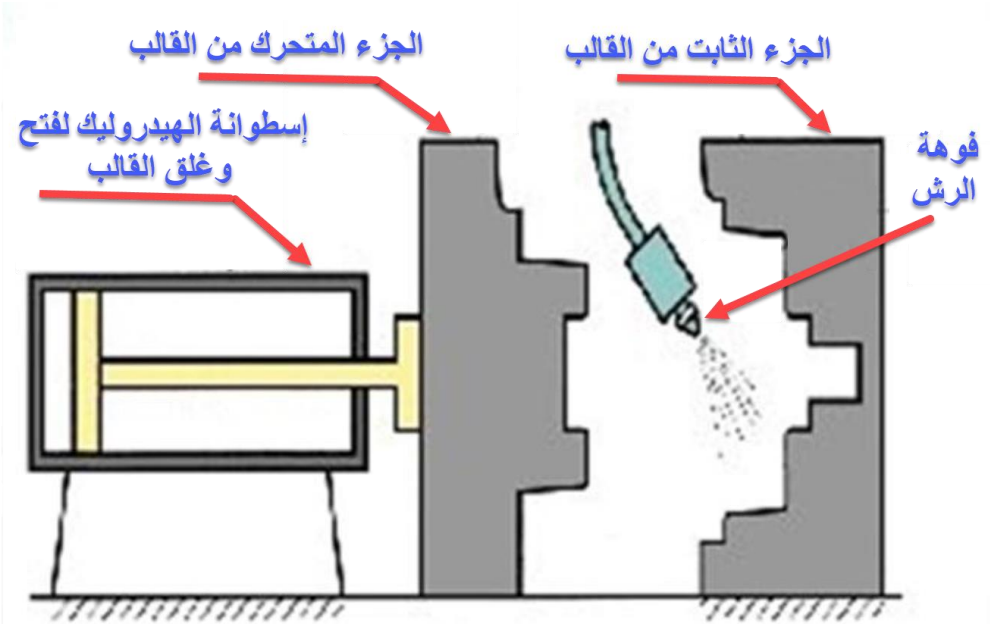
المحددات:

1- تكلفة أدوات عالية.
2- صعوبة تشكيل القوالب التي تستخدم في إنتاج مسبوكات كبيرة.

3- 2 عملية السباكة بالقوالب المعدنية (Die Casting Process):

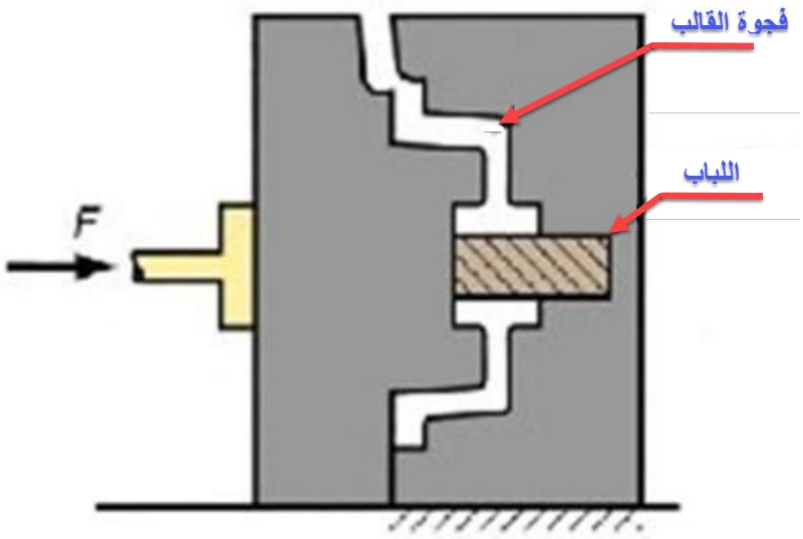
تتكون عملية السباكة بالقوالب المعدنية من الخطوات الآتية:

1- تحضير القالب: يتم تسخين القالب مسبقًا للسماح بتدفق المعدن بشكل أفضل وتقليل العيوب، بعد ذلك يتم تزيت أو إستخدام طلاء سيراميك مثلاً على أسطح تجويف القالب لتسهيل إزالة الأجزاء وزيادة عمر القالب.



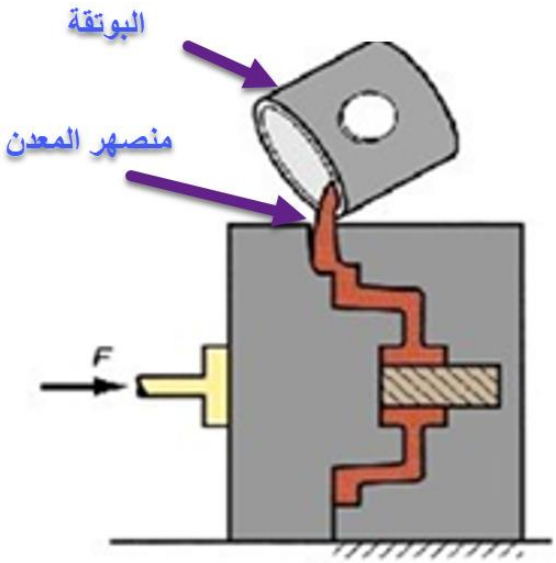
الشكل (3-6 a) يوضح عملية تزييت القالب

2- تجميع القالب: يتكون القالب من جزأين على الأقل - نصفي القالب و القلب (اللباب) أحياناً وحسب تصميم الجزء المنتج. عادةً ما يكون هذا اللباب مصنوع من الحديد أو الفولاذ، ولكن في بعض الأحيان يستخدم اللباب الرملي المستهلك. في هذه الخطوة، يتم إدخال اللباب ويتم تثبيت نصفي القالب معاً.



الشكل (3-6 b) يوضح عملية تجميع القالب

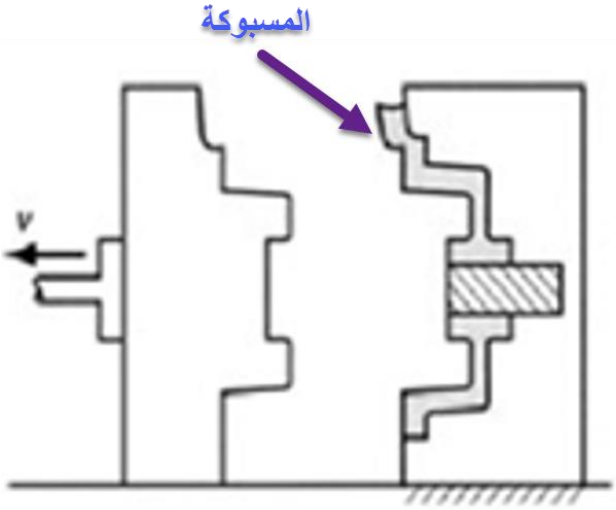
3- الصب: يُسكب منصهر المعدن بمعدل بطيء من المغرفة إلى القالب من خلال مصب في أعلى القالب. يتدفق المنصهر عبر نظام المصب ويدخل إلى تجويف القالب.



الشكل (3-6 c) يوضح عملية الصب في القالب

4 - التبريد: يُسمح لمنصهر المعدن بالتبريد والأنجماد في القالب.

5 - فتح القالب: بعد إنجماد المعدن ، يتم فتح نصفي القالب وإزالة المسبوكة.



الشكل (3-6 d) يوضح عملية فتح القالب

6 – التشذيب: أثناء التبريد ، يتجمد المعدن الموجود في نظام المصب والذراع المرتبط بالمسبوكات و يتم إزالة الزيادات للحصول على منتج نهائي.

الشكل (3-6 e) يوضح المسبوكة

❖ التطبيق الأول: إنتاج مسبوكة بإستخدام القوالب المعدنية

هدف التطبيق:

بعد انجاز التطبيق يكون الطالب قادراً على العمل في ورش السباكة وإنتاج المسبوكات في القوالب الدائمة، وتهيئة القوالب المعدنية وكيفية نقل منصهر المعدن من أفران الصهر إلى القالب.

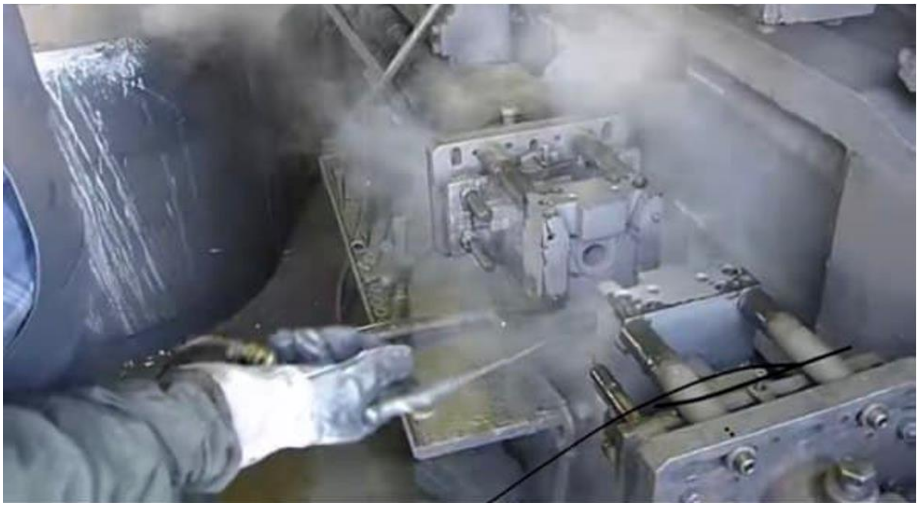
التسهيلات التعليمية:

1- ورشة تدريب 2- قوالب السباكة المعدنية 3- فرن صهر 4- مغرفة لنقل المعدن المنصهر 5- أداة استخراج المنتج 6- سلة لوضع المنتجات 7- بدلة عمل.

خطوات العمل / النقاط الحاكمة / الصور التوضيحية

1- تحضير القالب: في هذه الخطوة يتم تهيئة القالب وتزيت أو رش القالب بمادة طلائية لسهولة إخراج المنتج بعد عملية السباكة.

الشكل (3-7 a) تهيئة القالب



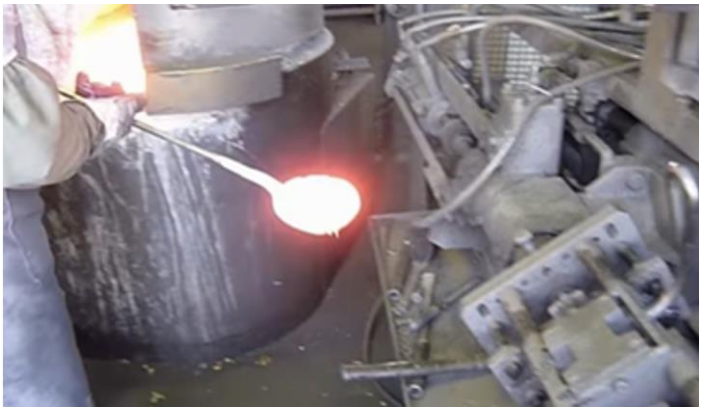
الشكل (3-7 b) رش القالب بمادة طلائية

2- تجميع القالب: في هذه الخطوة يغلق القالب المتكون من نصفين ويثبت بأداة ربط لأحكام الاغلاق.

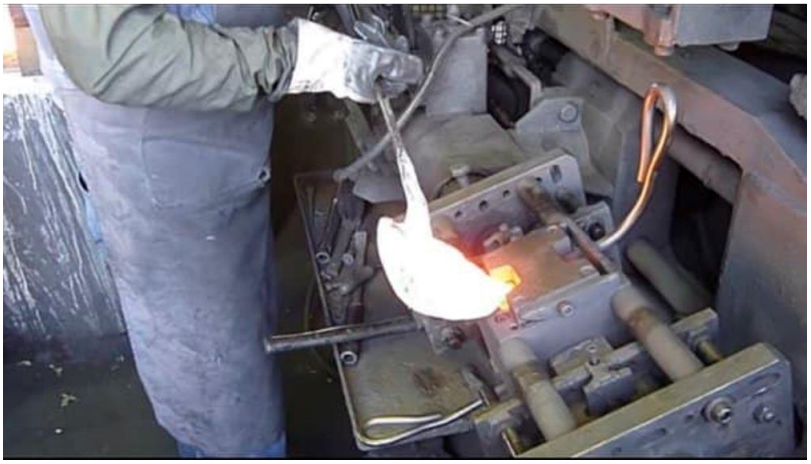
الشكل (3-7 c) غلق القالب

الشكل (3-7 d) تثبيت بأداة الربط

3- الصب: بعد صهر المعدن او السبيكة داخل الفرن يتم نقل المنصهر الى القالب بواسطة المغرفة ويسكب المعدن المنصهر عن طريق مجرى الصب في القالب.



الشكل (3-7 e) نقل المنصهر الى القالب



الشكل (3-7 f) صب المعدن

4- التبريد: بعد عملية السباكة يترك المنصهر داخل القالب ليتجمد.

الشكل (3-7 g) أنهاء عملية الصب

الشكل (3-7 h) يتجمد المنصهر داخل القالب

5- فتح القالب: بعد عملية التبريد ترفع اداة الربط بين نصفي القالب لإستخراج المنتج.

الشكل (3- 7 i) رفع أداة الربط

الشكل (3-7 j) إستخراج المسبوكة

6- المنتج النهائي: تجمع المنتجات النهائية بعد إزالة الزوائد منها.

الشكل (3-7 k) تجميع المنتجات النهائية

❖ وهناك عوامل متعددة تؤثر على عملية السباكة في القوالب المعدنية هي:

1- شكل المنتج.

2- جودة الإنهاء السطحي لقالب السباكة.

3 - درجة حرارة القالب.

4- المعدن المصنع منه القالب.

5- درجة حرارة المعدن المنصهر.

6- تعرية السطح الداخلي للقالب.

7- تهوية القالب.

8- الخواص الميكانيكية للمادة المسبوكة.

3-3 تهيئة ماكينات السباكة بالضغط بنوعيها البارد والساخن:

Cold & Hot Chamber Die Casting Machines Preparing

❖ سباكة القوالب المعدنية بالضغط:

هي وسيلة لإنتاج الكميات الكبيرة للمسبوكات ذات درجة حرارة منخفضة بدرجة عالية من الدقة والتكرار تتم العملية بحقن منصهر المعدن أو السبائك بواسطة ضغط معين ودفعه في قالب معدني خاص وتتم هذه العملية تحت ضغط عالي يتراوح بين (7 -700 ميكا باسكال) يملئ القالب بسرعة ويتجمد المنصهر داخل القالب وينتج عن التجمد قوة ومتانة عالية للمسبوكة، عادةً ما تستغرق العملية بضع ثوانٍ فقط. تعد العملية ذات إنتاج سريع واقتصادي للكميات الكبيرة من المسبوكات ويمكن سبك الأجزاء الرقيقة والمعقدة بدقة وسهولة، يقتصر استخدام هذه الطريقة على المعادن غير الحديدية مثل (الألمنيوم والخارصين والرصاص والمغنسيوم وغيرها وأيضاً سباكة حديد الزهر والفولاذ) بحيث يمكن انتاج مسبوكات ذات سمك يتراوح بين (1- 2.5 ملم) وبالإمكان إستخدام المنتج مباشرةً بدون عمليات إضافية لخلوه من الشوائب وجودته العالية ويصل معدل الإنتاج تقريباً بين (250-500 قطعة بالساعة).

❖ مزايا سباكة القوالب بالضغط:

1- خصائص ميكانيكية عالية مع الوزن الخفيف.

2 - قابلية التوصيل الحراري عالية.

3- قابلية تشغيل جيدة.

4 - مقاومة عالية للتعرية قوالب السباكة.

5 - يمكن إنتاج الأجزاء بدون معالجة حرارية.

6 - يمكن صب الأجزاء بسماحات وأبعاد دقيقه.

7 - إنخفاض نسبة التلف في المسبوكات المنتجة.

السباكة بالقوالب والضغط هي عملية تصنيع دقيقة يكون فيها المعدن المنصهر الذي يتم حقنه بضغط وسرعة عاليتين في قالب معدني دائم. هنالك نوعان من عمليات السباكة :

1 - عملية الغرفة الساخنة .

2 - عملية الغرفة الباردة .

مزايا عملية السباكة بالقالب بالغرفة الساخنة هي:

A - وقت الدورة السريع (يقدر 15 دورة في الدقيقة) في عملية السباكة بالقالب بالغرفة الساخنة.

B - هناك سهولة في صهر المعدن في ماكينات الغرف الساخنة نفسها.

C – يستخدم لإنتاج مسبوكات الخارصين والقصدير والرصاص لإنخفاض درجة انصهارها.

- **يمكن استخدام عملية الغرفة الساخنة فقط للسبائك ذات درجة الانصهار المنخفضة مثل (الرصاص والخارصين). تتسبب السبائك ذات درجة الانصهار الأعلى لتعرض معدن القالب للتعرية.**

❖ عيوب السباكة بالقالب بالغرفة الساخنة:

A- هذه العملية قابلة للتطبيق على المعادن ذات درجات الانصهار المنخفضة فقط.

B – لا يفضل إنتاج مسبوكات الألمنيوم بهذه الطريقة لإحتمال تلوث منصهر الالمنيوم بالحديد أثناء وجوده في حوض المنصهر.

أجزاء ماكينة السباكة بالضغط الساخن (Hot- Chamber):

تتركب الماكينة بصفة عامة من فرن يعمل إما بالغاز أو النفط ويتكون من وعاء معدني للصهر وحفظ المعدن ويبين الشكل (3-8 a) إحدى أنواع هذه الماكينات ومعظمها يعمل أوتوماتيكياً وهنالك نوع من الماكينات يقوم العامل بتشغيل بعض خطواتها يدوياً وتسمى شبه أوتوماتيكية.

الشكل (3-8 a) ماكينة السباكة بالضغط بالغرفة الساخنة

أهم أجزاء ماكينة السباكة المبينة في الشكل (3-8 b) هي:

1- وعاء الصهر: وهو عاد ة يصنع من الفولاذ المقاوم للحرارة ويتم صهر المعدن فيه و هو يشبه إلى حدٍ ما بودقة الصهر في الأفران الكهربية.

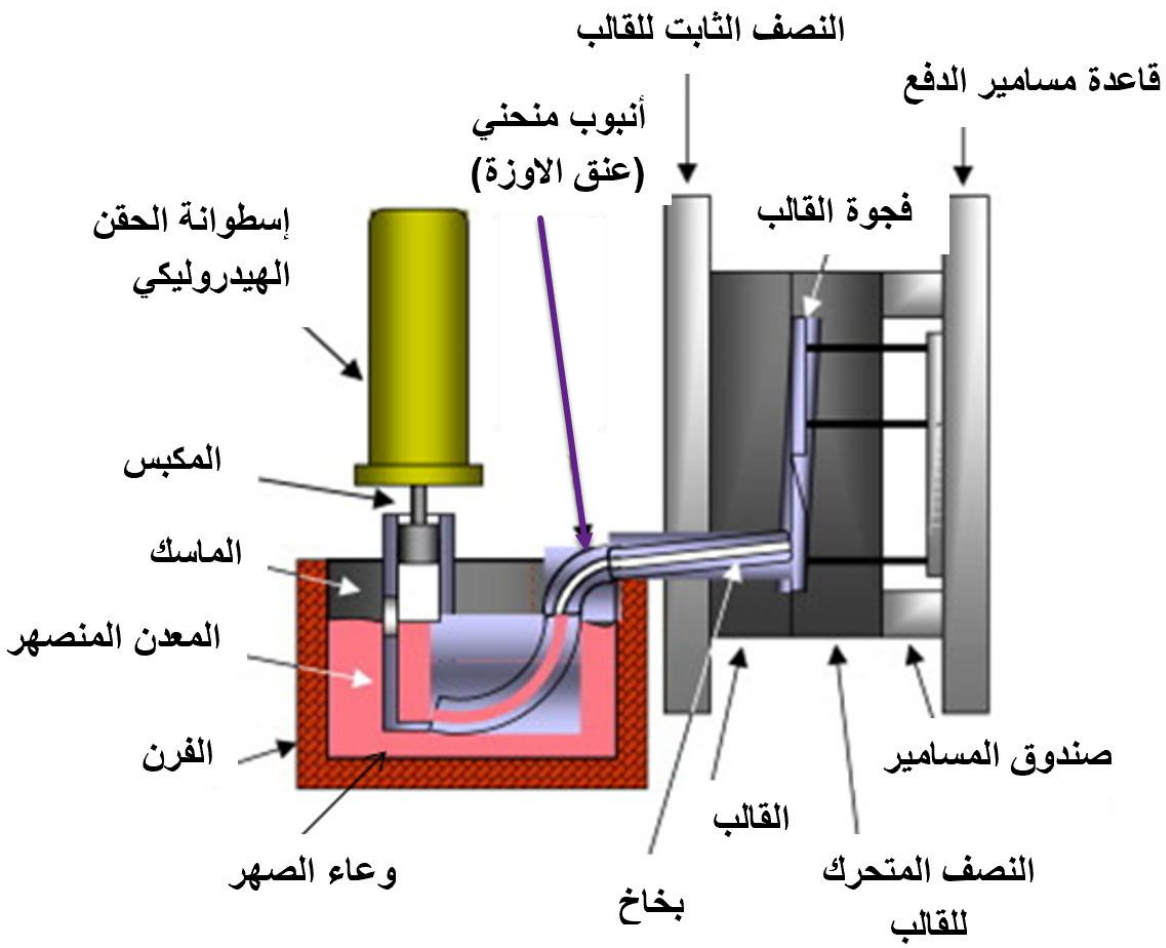
2- الفرن: وهو الجزء الذى يتم فيه إشعال الوقود أسفل وحول وعاء الصهر باستخدام الغاز اوالنفط.

3- اسطوانة الحقن الهيدروليكي: وهى التي تمد القالب بالضغط المناسب وتستخدم الهواء أو الزيت.

4 - المكبس: وهو الذى يقوم بضغط المعدن إلى الجزء المسمى بعنق الإوزة الذى يقوم بتوصيله إلى فوهة القالب.

5 - النصف الثابت للقالب: وهو عبارة عن نصف القالب المعدني المثبت على الجزء الثابت للماكينة ويحتوي على فوهة دخول المعدن إلى القالب.

6 - النصف المتحرك للقالب: وهو الجزء الذى به نصف القالب الآخر ويتحرك ألياً بعد الانتهاء من عملية الحقن (السباكة) لإخراج المسبوك.



الشكل (3-8 b) رسم توضيحي للأجزاء الداخلية لماكينة الضغط بالغرفة الساخنة.

❖ طريقة العمل:

تحتوي أغلب ماكينات السباكة ذات الغرفة الساخنة على أنبوب مائل للحقن يسمى (عنق الإوزة) على أن تكون غاطسه في خزان المعدن المنصهر.

ويقوم الرافع الميكانيكي بالتحكم في رفع وخفض انبوب الحقن وبعد استقرارها وتوافقها مع فتحة الصب للقالب يبدأ الهواء بالضغط على سطح المعدن المنصهر وإنسيابه عبر فتحة التغذية إلى القالب بعد إحكام غلقه وعند تمام امتلاء فراغ القالب تقوم الماكينة هيدروليكياً بدفع الجزء المتحرك عن الجزء الثابت لإتمام عملية إخراج المسبوك. وللحصول على عدد من المنتجات تكرر العملية حسب عدد المنتجات المطلوبة. ويتم تنظيم السرعة والضغط لتلائم المسبوكات المختلفة حيث أن لكل معدن ضغط وسرعة تدفق وتزود معظم هذه الماكينات بجداول لتزويد الفنيين القائمين على تشغيلها بمعدلات الضغط والسرعة لكل معدن وأيضاً حسب السمك ووزن المسبوك.

كما تزود هذه الماكينات بأجهزة تحكم لضمان تشغيل الماكينة المستمر وعدم حدوث أي تلف للمسبوكة وضمان أمن وسلامة العامل أيضاً.

2- السباكة بالغرفة الباردة (Cold-Chamber)

يتم استخدام عملية السباكة بالقوالب المعدنية بالغرفة الباردة للسبائك ذات درجات الإنصهار العالية (الألمنيوم والنحاس)، وفي هذا النوع من الماكينات يكون المعدن على إتصال بنظام حقن في الماكينة لفترة قصيرة فقط. إن الإختلاف بين هاتين العمليتين هو وجود فرن داخل الماكينة بالغرفة الساخنة في حين يكون الفرن منفصل في ماكينة السباكة في الغرفة الباردة. تتم عملية الصب بالغرفة الباردة بتحضير منصهر المعدن بعيداً عن النظام ويتم إحضاره إلى النظام عن طريق فرن بواسطة المغرفة. ثم يتبع نفس الاجراء في عملية السباكة بالغرفة الساخنة. على سبيل المثال، تقوم إسطوانة الطاقة بسحب المكبس بحيث يدخل المعدن المنصهر إلى الغرفة غير المسخنة ويتم ضغط المكبس بحيث يكون هنالك تطبيق للقوة على المعدن المنصهر بحيث يدخل في تجويف القالب عبر الفوهة، ويوضح الشكل (a9-3) ماكينة السباكة بالضغط بالغرفة الباردة.

❖ مزايا السباكة بالقوالب ذات الغرفة الباردة :

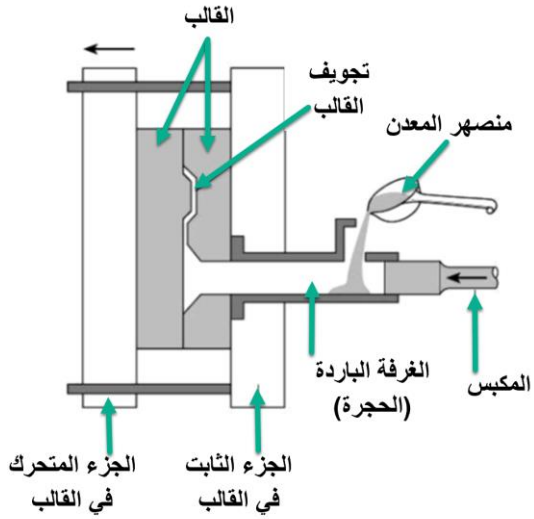
• يمكن أن تكون عملية السباكة بهذه الماكينات قابلة للتطبيق على المعادن ذات درجات الانصهار العالية.

❖ عيوب السباكة بالغرفة الباردة:

A - وقت الدورة بطيئاً جداً مقارنة بعملية السباكة بالقوالب ذات الغرفة الساخنة. بسبب الحاجة إلى نقل المعدن المنصهر من الفرن إلى ماكينات السباكة بالضغط ذات الغرفة الباردة.

B - الإنتاجية أقل.

الشكل (3-a9) يوضح ماكينة السباكة بالضغط بالغرفة الباردة.



الشكل (3-b9) رسم توضيحي للأجزاء الداخلية لماكينة السباكة بالضغط بالغرفة الباردة

أجزاء ماكينة السباكة بالغرفة الباردة:

1- إسطوانة هيدروليكية: وتستخدم لتزويد الماكينة بالضغط أثناء عملية دفع المعدن وضخه لتجويف القالب وتقوم بتحريك الجزء المتحرك للقالب أثناء غلق وفتح القالب.

2- المكبس: ويقوم بدفع منصـــهر المعدن هيدروليكياً داخل تجويف القالب حيث يتم تثبيته تحت الضغط حتى يتجمد.

3 - الجزء الثابت: الجزء النصفي الثابت من القالب.

4 - الجزء المتحرك: وهو يتحرك أوتوماتيكيا لإخراج المسبوك بعد الانتهاء من عملية السباكة.

طريقة العمل:

1 - يضخ منصهر المعدن في الخزان البارد.

2 - يتحرك المكبس تحت الضغط المرتفع فيدفع منصهر المعدن في القالب.

3 - يستقر المعدن داخل القالب.

4 - يستمر تشغيل الماكينة في باقي الخطوط ألياً بتوقيت خاص.

5 - تكون فترة اتصال المعدن المنصهر مع المكبس والخزان البارد قصيرة.

6 - تكون سرعة الماكينة أقل من سرعة ماكينة الخزان الساخن حتى تتمكن من تغذيتها بالمعدن.

8 -يضبط الضغط للماكينة حسب نوع المسبوك وسمكه.

وليس هنالك حدود على أنواع السبائك التي يمكن سباكتها بهذه الطريقة سوى نوع مادة القالب وخصوصاً للسبائك ذات درجات الانصهار العالية، وتستخدم هذه الطريقة صناعياً لسبائك الخارصين، المغنسيوم، الألمنيوم، البراص، ولعل أهم ما يميز هذه الطريقة هي إمكانية إستخدامها لإنتاج مسبوكات ذات أحجام صغيرة باستخدام قوالب من سبيكة التيتانيوم (Ti) والمولبيديوم (Mo).

4-3 السباكة بالضغط بالقالب المعدني (الساخن) لسبيكة الخارصين لعلبة تروس لغسالة ملابس:

Pressure Die Casting (Hot Chamber) of Zinc Base Alloy to Produce Gear Case for Washing Machine

سبائك الخارصين الأكثر أهمية هي سبائك الخارصين والألمنيوم (Zn-Al)، والتي غالبا ما تستخدم في سباكة القوالب المعدنية، والتي تتم عن طريق إضافة حوالي 4 ٪ من الألمنيوم (Al)، وكمية صغيرة من النحاس، وكمية صغيرة من المغنيسيوم (Mg). يزيد الألمنيوم (Al) من مقاومة السبيكة، ويحسن من تدفق المعدن الساخن، ويقلل أيضاً من تآكل معدات صب القوالب المصنوعة من الفولاذ. النحاس يحسن مقاومة الشد ومقاومة التآكل. سبائك الخارصين عرضة للفشل عند وجود شوائب مثل الرصاص والقصدير (Sn) والكادميوم (Cd). إضافة كمية صغيرة من المغنيسيوم يساعد على منع هذا التآكل الحبيبي كذلك الصب عند درجة حرارة الصب منخفضة. يمكن إنتاج مسبوكات معقدة رقيقة الجدران. بالإضافة إلى ذلك يعتبر الخارصين: من المعادن ذات قابلية سباكة عالية وفضلاً عن خواص ميكانيكية كالمطلية ومقاومة الشد.

قفل ادراج لسبيكة الخارصين

سلسة مفاتيح

مقبض باب أمامي

شماعات الخارصين الملونة للتعليق

تروس متنوعة

علبة تروس غسالة ملابس

الشكل (3-10) بعض منتجات سبيكة الخارصين (الزنك)

❖ عملية سباكة لعلبة تروس لغسالة الملابس

علبة التروس (المسـننات): هي علبة المسـننات التي تقوم بنقل وتغيير عزم وسـرعة الدوران القادم من مصدر طاقة دورانية باستعمال سلسة تروس ذات أحجام مختلفة.

توجد انواع واشكال مختلفة الحجم لعلبة التروس المستخدمة في غسالات الملابس حسب التصميم الخاص بكل غسالة. الشكل (3-11) يوضح بعض انواع علبة تروس لغسالة الملابس.

الشكل (3-11) انواع علبة التروس لغسالة الملابس

التطبيق الثاني: سباكة علبة تروس لغسالة ملابس من سبيكة الخارصين (الزنك)

هدف التطبيق: بعد انجاز التدريب يكون الطالب قادر على تنفيذ السباكة في ماكينات الغرفة الساخنة ومعرفة كيفية تهيئة أجزاء القالب الداخلية والتحكم بالضغط اثناء عملية السباكة.

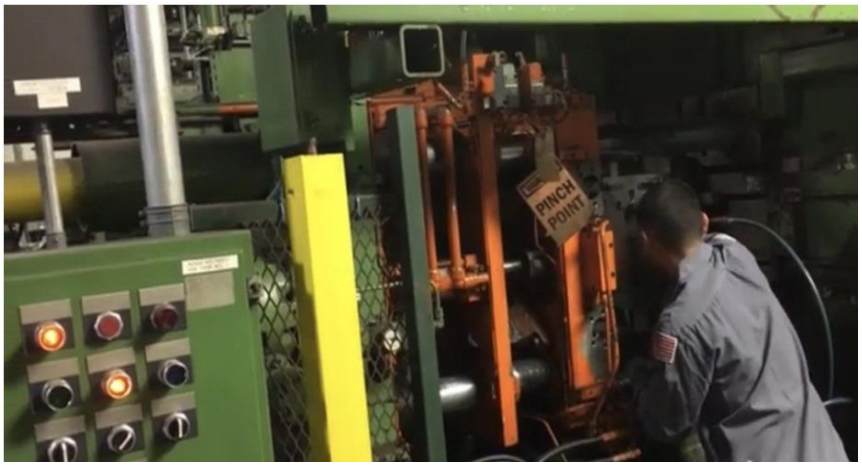
التسهيلات التعليمية:

1 - ورشة تدريب 2- ماكينات سباكة بالغرفة الساخنة (Hot – Chamber) 3- سلة او صندوق لتجميع المنتج 4- السبيكة المطلوبة (سبائك الخارصين)

خطوات العمل:

- **الخطوة الأولى:** تهيئة الماكينة وفحص القالب قبل السباكة ثم رش التجويف الداخلي للقالب بمادة عازلة (التشحيم) ثم يغلق، وللتشحيم دور كبير في خفض درجة حرارة القالب والمساعدة على إخراج المسبوك في النهاية.

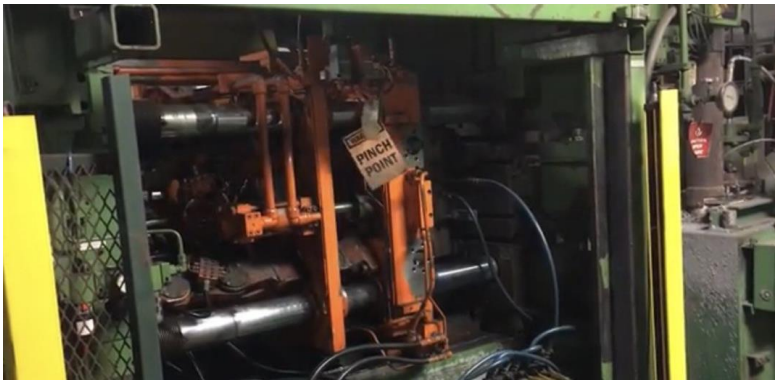
الشكل (3-a12) تهيئة الماكينة وفحص القالب قبل السباكة



الشكل (3-b12) تنظيف القالب وعملية التزيت

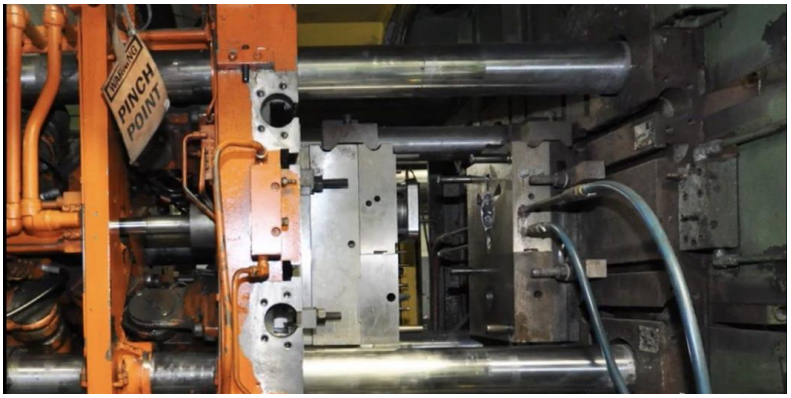
- **الخطوة الثانية** :يحقن منصهر المعدن تحت ضغط عالي ويتم الاحتفاظ بالضغط حتى يتجمد المسبوك كما في الشكل (3- c12) التوضيحي لماكينة السباكة بالضغط بالقالب المعدني (الساخن).

الشكل (3-c12) عملية حقن المعدن داخل القالب



الشكل (3-d12) امتلاء القالب والاحتفاظ بالضغط

- **الخطوة الثالثة** :يفتح القالب وتقذف المسبوكة خارجاً بواسطة مسامير القذف.



الشكل (3-e12) فتح القالب

- **الخطوة الرابعة**: ينظف المسبوك من الزوائد ويتم التأكد من مطابقته للمواصفات المطلوبة.

الشكل (f12-3) المسبوكة

5-3 السباكة بالضغط بالقالب المعدني (البارد) لسبيكة الالمنيوم – سليكون

Pressure Die Casting (Cold – Chamber) in Al-Si Alloy to Produce Electrical Motor Cover

❖ سبائك الألومنيوم لقوالب السباكة

يتم استخدام سبائك المعادن غير الحديدية الخفيفة (Al، Mg، Ti) بشكل ملحوظ في إنتاج أجزاء الطائرات ووسائل النقل الأخرى لخفة وزنها.

تتميز سبائك الألمنيوم المنتجة بطريقة السباكة بالقوالب المعدنية بما يلي:

A. قابلية الجيدة للسباكة تتأثر أحيانا بالتركيب الكيماوي للألمنيوم.
B. درجة حرارة انصهار منخفضة للألمنيوم.
C. وقت قصير للتجمد.
D. نسبة الهيدروجين في المسبوكة، وهو الغاز الوحيد القابل للذوبان في الألمنيوم ويتم التقليل منه وإزالة بحقن غازات خاملة الى منصهر الألمنيوم.
E. استقرار كيميائي جيد (مقاومة التآكل).
F. خصائص سطحية جيدة للمسبوكة.
G. غالبية المسبوكات تكون خالية من الشقوق التي تتكون تحت تأثير الحرارة.

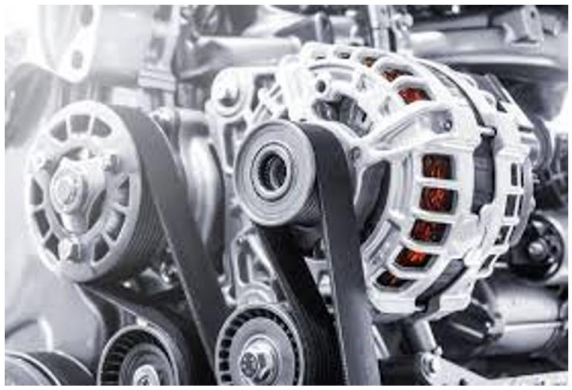
سبائك الالمنيوم – سليكون:

هي سبيكة من الألمنيوم والسليكون للحصول على خصائص جديدة تجمع بين مميزات المواد الداخلة في تكوين السبيكة وتُظهر سبائك الألمنيوم والسليكون الثنائية سيولة ممتازة، وقابلية جيدة للسباكة ومقاومة التآكل. يمكن تحسين سبائك الألمنيوم - السليكون عن طريق تعديل درجة الانصهار السبيكة. التعديل مفيد بشكل خاص في المسبوكات الرملية ويمكن تحقيقه بشكل فعال من خلال إضافة الصوديوم.

تستخدم سبائك الألومنيوم - سليكون (Al- Si) والتي قابلة للتطبيق بشكل خاص في صناعة السيارات والطيران كما تستخدم في الصناعات الكهربائية.

النماذج المصنوعة من سبائك الالمنيوم – سليكون :

اجزاء المضخات الكهربائية



أجزاء السيارات

أجزاء الطائرات

حامل حاسوب

الشكل (3-13) منتوجات متنوعة من سبائك الالمنيوم – سليكون

❖ عملية سباكة بالضغط غطاء المضخة الكهربائية (Cold-Chamber):

تحتوي المضـــخة الكهربائية على اجزاء عديدة ومتنوعة يتم صـــناعة كل جزء على حدة ويتم تجميع الاجزاء فيما بعد ومن تلك الاجزاء المصنوعة منها المضخة هو غطاء المضخة المصنوع بطريقة السباكة بالضغط بالقالب المعدني. الشكل (3-14) يوضح بعض انواع غطاء المضخة الكهربائية.

الشكل (3-14) غطاء المضخة الكهربائية

التطبيق الثالث: سباكة غطاء المضخة الكهربائية من سبائك الالمنيوم – سليكون

هدف التطبيق: بعد انجاز التدريب يكون الطالب قادر على تنفيذ السباكة في ماكينات الغرف الباردة (Cold - Chamber) وعملية تسخين القالب قبل عملية السباكة مع تزيت او طلاء اجزاء القالب في هذه العملية.

التسهيلات التعليمية:

1- ورشـــة تدريب 2- ماكينات ســـباكة بالغرفة الباردة (Cold – Chamber) 3- فرن الصـــهر
4- السبيكة المطلوبة (سبائك الالمنيوم – سليكون) .

طريقة العمل :

1- يـتم تشـغيل الماكينـة و تسـخين القالـب مسـبقًا إلـى (150-260 درجـة سـليزية) للسـماح بتدفق المعدن بشكل أفضل وتقليل العيوب.

الشكل (3-a15) عملية تشغيل الماكينة

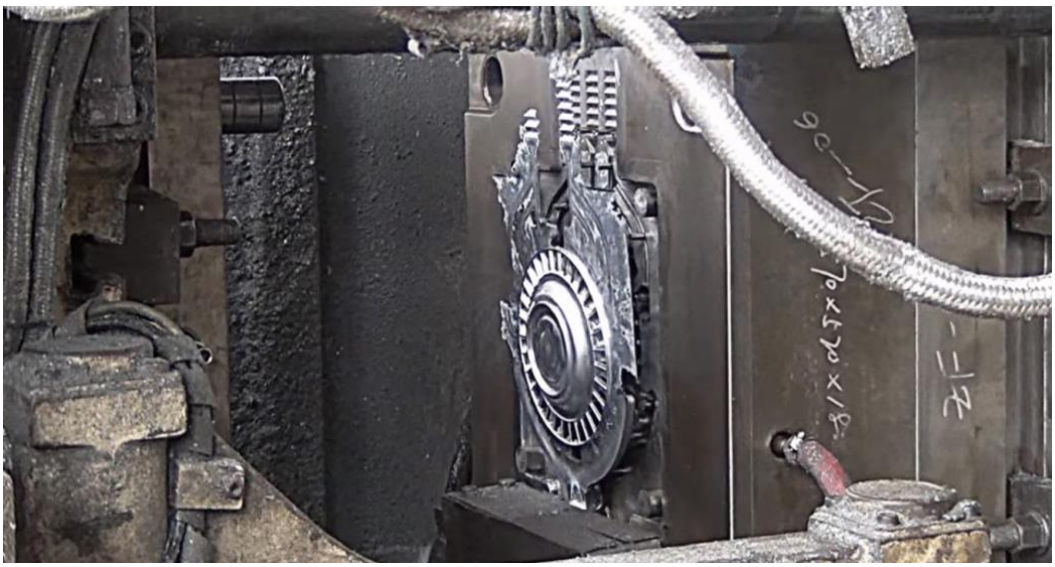
2- تنقل السبيكة المنصهرة إلى ماكينة السباكة بالضغط بالقالب المعدني بواسطة المغرفة ليصب المعدن المنصهر داخل ماكينة السباكة.

الشكل (3-b15) نقل السبيكة المنصهرة

3 - تُسكب السبيكة المنصهرة بمعدل بطيء من المغرفة إلى القالب من خلال مصب في أعلى القالب. يتدفق المعدن عبر نظام المصب ويدخل إلى تجويف القالب. يُسمح للمعدن المنصهر بالتبريد والانجماد في القالب.

الشكل (3-c15) تدفق السبيكة داخل القالب بواسط نظام المصب

4- يفتح القالب ويقذف المسبوك خارجا بواسطة مسامير القذف (ejector pins).



الشكل (3 -d15) قذف المسبوكة خارج القالب

6- مطابقة المنتج للمواصفات المطلوبة بعد تنظيفه من الزوائد. كما في الشكل (e16-3) يوضح الاجزاء التي يتم صناعاتها بالسباكة بالضغط بالقالب المعدني في الغرفة الباردة.

الشكل (e15-3) المسبوكة

أسئلة الفصل الثالث

س1 / عدد طرائق السباكة بالقوالب المستهلكة، واشرح طريقة واحدة مع الرسم؟

س2 / علل ما يأتي:

1- جبس باريس يستخدم في عملية صناعة قوالب السباكة بالجبس.
2- لماذا سميت السباكة بالشمع المفقود.
3- إستخدام عملية الغرفة الساخنة فقط للسبائك ذات درجة الانصهار المنخفضة مثل (الرصاص والخارصين).

س3 /

أ- قارن بين السباكة بالقوالب المستهلكة والسباكة بالقوالب الدائمة.

ب- عدد العوامل التي تؤثر على عملية السباكة في القوالب المعدنية.

س4 / وضح آلية عمل أنبوب الحقن المائل (عنق الأوزة) في ماكينات السباكة بالضغط بالغرفة الساخنة.

س5 / لعملية السباكة بالقالب المعدني خطوات ماهي؟

س6 / إملأ الفراغات بالعبارة المناسبة:

1- يمكن أن تكون عملية الصب بالقالب بالغرفة الباردة قابلة للتطبيق على المعادن ذات ---------.
2- علبة التروس (المسننات): هي علبة المسننات التي تقوم ------- و------- عزم وسرعة الدوران القادم من مصدر الطاقة بإستعمال سلسلة تروس ذات أحجام ----------.
3- . سبائك الألومنيوم والسليكون الثنائية تُظهر ----------، ----------، ----------.
4- قوالب الشمع المفقود هي قوالب مصنوعة من ---------- أو المحاط بمواد ----------.
5- عادةً ما يتم إستخدام السباكة بالقالب الدائم للإنتاج ---------- من الأجزاء المعدنية الصغيرة والبسيطة بسمك جدار ----------.

س7/

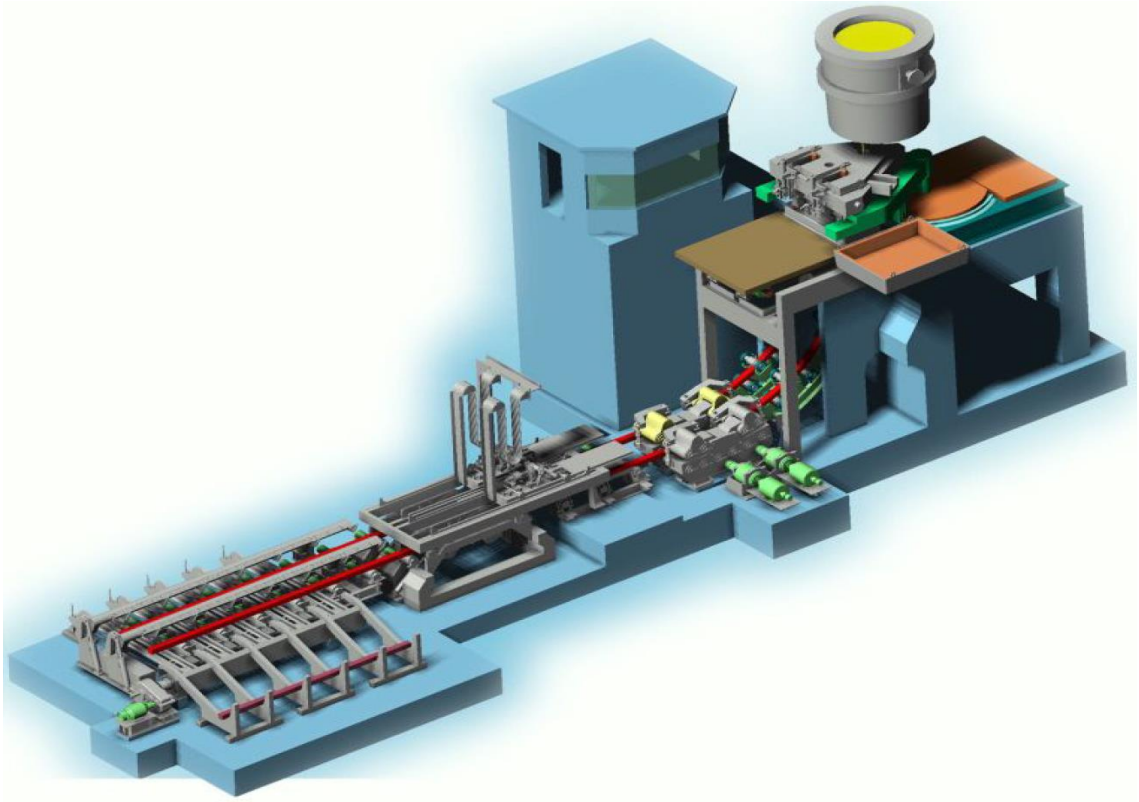
أ- اشرح طريقة العمل للماكينات السباكة بالغرفة الساخنة على شكل خطوات.

ب- اشرح طريقة العمل للماكينات السباكة بالغرفة الباردة على شكل خطوات.

الفصل الرابع

تطبيقات على السباكة المستمرة

(Applications of Continuous Casting)



أهداف الفصل

بعد الإنتهاء من دراسة الفصل الرابع سوف يكون الطالب قادر على:

1. **التعرف على مزايا السباكة المستمرة ومحدداتها.**
2. **التعرف على تطبيقات السباكة المستمرة.**
3. **التعرف على الخطوات العامة لعملية السباكة المستمرة.**
4. **التعرف على أنواع طرائق السباكة المستمرة.**
5. **التعرف على كيفية تصنيع شرائح الفولاذ بطريقة السباكة المستمرة.**
6. **التعرف على كيفية تصنيع سبائك الالمنيوم والنحاس بطريقة السباكة المستمرة**

1-4 السباكة المستمرة Continuous Casting:

تمهيد:

السباكة المستمرة هي عملية تحول المعادن من الحالة الصلبة إلى الحالة السائلة بطريقة التسخين، وثم يتم صب طول مستمر من المعدن من خلال قالب، يأخذ الصب المظهر الجانبي ثنائي الأبعاد للقالب ولكن طوله غير محدد وتستمر المسبوكة في التحرك، ويزداد الطول بمرور الوقت. إن عملية تجهيز منصهر المعدن للقالب تكون مستمرة، بمعدل تجهيز دقيق وصحيح، لضمان استمرارية السباكة وانجماد المسبوكة. لذلك تعد طريقة التصنيع بالسباكة المستمرة عملية محسوبة بدقة متناهية، ويتم استخدام تقنية السباكة المستمرة لإنتاج مسبوكات طويلة بمقطع عرضي ثابت ومتسق لكل من السبائك الحديدية وغير الحديدية. يتم الحصول على مختلف الاشكال شبه النهائية التي تجرى عليها عملية الدرفلة المتتابعة خلال عملية السباكة المستمرة، للحصول على مقاطع منتظمة الشكل، وتكون عملية صب منصهر المعدن في القالب مستمرة. وتتوفر قوالب بالعديد من الأحجام والأشكال لسباكة المقاطع المختلفة مثل المقاطع المربعة الشكل والقضبان الدائرية والمقاطع الاخرى. عند مراجعة عمليات السباكة الأخرى مثل السباكة الرملية وسباكة الطرد المركزي والسباكة بالقوالب المعدنية، فإن كل عملية من تسخين المعدن وصهره وتحويل المنصهر إلى المسبوكات وعملية الإنجماد وعملية الطرق أو الدرفلة للمسبوكة تنفذ بشكل منفصل احداها عن الأخرى، اما في عملية السباكة المستمرة، يتم تنفيذ جميع عمليات السباكة والتشكيل والقطع في مرحلة إنتاج واحدة متكاملة، مما يساهم في توفير وقت عملية السباكة ويقلل تكاليفها، بالإضافة إلى ذلك، هو يساعد في الحصول على الإنتاج الكمي في صناعة المسبوكات ويحسن من جودته. نظراً لأن السباكة المستمرة تعمل بطريقة الصب المتدفق بإتجاه الأسفل بفعل التغذية بالجاذبية فإن العملية تقلل من احتمال وجود الخبث، حيث تطفو الأجسام الغريبة الموجودة في بوتقة الفرن إلى أعلى منصهر المعدن بحيث لا تصبح جزءاً من المسبوكة ويمكن إزالتها.

2-4 نبذة تاريخية:

تم تسجيل أول براءة اختراع في السباكة العمودية (vertical casting) للمعادن غير الحديدية في السنوات 1840-1843 م من قبل جورج سيلرز حيث حصل على براءة إختراعه لماكينة تنتج أنابيب الرصاص بشكل مستمر، وسجلت براءة إختراع أخرى في السباكة الأفقية (horizontal casting) من قبل بيرسون في سنة 1914 م. كان أول عمل على السباكة المستمرة للفولاذ من قبل السير هنري بسمر،

الذي حصل على براءة إختراع لعملية "تصنيع الصفائح المستمرة من الحديد والفولاذ" في سنة 1846 م وأجرى تجارب المصنع على السباكة المستمرة للفولاذ في تسعينيات القرن التاسع عشر. على الرغم من أن السباكة المستمرة قد بدأت قبل بداية القرن العشرين، إلا أنه لم يتم إدخالها في الإنتاج التجاري للقضبان النحاسية المسبوكة بشكل مستمر حتى منتصف الثلاثينيات في ألمانيا. قدم سيجفريد جونغهان، المخترع النشـــط لتكنولوجيا الســـباكة، العديد من التحســـينات في العملية، لا ســـيما إدخال نظام القوالب الهزازة (oscillating mold system) لمنع إلتصاق المسبوكة بالقالب.

في سنة 1935 م، تم تشغيل مصنع للسباكة المستمرة مع درافيل لإنتاج الصفائح النحاسية في الولايات المتحدة، وبدأت في سنة 1936 م إستخدام ماكينة السباكة شبه المستمرة لإنتاج سبائك الألومنيوم. وبعد الحرب العالمية الثانية، بدأ التطوير التجاري للسباكة المستمرة للفولاذ بشكل جدي، مع مصانع تجريبية في الولايات المتحدة وبريطانيا واليابان والنمسا، وتبع ذلك مصانع إنتاج لقوالب الكتل في الغرب وألواح مقاومة للتآكل في الإتحاد السوفيتي وكندا. تم تسجيل براءة اختراع على الشريط المنحني في سويسرا في سنة 1956 م، وتم تسويق الإنتاج بإستخدام ماكينة إنتاج الألواح (billets) في سويسرا سنة 1963م. في ســـنة 1961م ، في المانيا الغربية، تم بدء تشـــغيل أول ماكينة الواح كبيرة (large slab machine) من النوع العمودي مع ثني المسبوكة إلى الوضع الأفقي. وفي سنة 1964م، كانت شركة شـــيلتون للحديد والفولاذ البريطانية أول شـــركة أعمال فولاذية تغير طريقة إنتاجها بالكامل ليكون عن طريق السباكة المستمرة، وفي نفس السنة تم بدء تشغيل أول ماكينة سباكة مستمرة من النوع المنحني لإنتاج الألواح الكبيرة في المانيا الغربية.

أدخلت الســـباكة المســـتمرة للفولاذ في حقبة جديدة من التطور، ليس فقط فيما يتعلق بتطبيقه المتزايد في عملية الإنتاج ولكن أيضـاً في تطوره كعملية وتفاعله مع العمليات الأخرى. أظهر ناتج السباكة المستمرة منحنى نمو متســارع. والآن يتم ســباكة أكثر من 80٪ من إنتاج الفولاذ العالمي الحالي بطريقة الســباكة المستمرة، وتتجاوز السباكة المستمرة في اليابان 90٪ من إنتاج الفولاذ.

3-4 مزايا السباكة المستمرة:

تظهر مزايا السباكة المستمرة بشكل واضح في الإنتاج الأولي للمعادن والتي يتم تشكيلها بطرائق تشكيل مختلفة كالطرق والدرفلة، ومن المزايا الرئيسية للسباكة المستمرة:

1. يمكن أن تكون العملية آلية مع سهولة أتمتة الإنتاج.
2. الحصول على أفضل سطوح مسبوكات.
3. كفاءة السباكة المستمرة هي 100٪.

4. يمكن التحكم بسهولة في حجم وبنية حبيبات المسبوكة.
5. زيادة كبيرة في الإنتاج.
6. مدى واسع من التطبيقات.
7. يكون المنتج أكثر إنتظاماً من حيث دقة الأبعاد.
8. توفير في الطاقة.
9. تقليل تكاليف الإنتاج.
10. خفض القوى العاملة.
11. سهولة التكامل والإندماج مع الأنظمة أو الخطوط الإنتاجية الأخرى.
12. المنتج المنفذ بطريقة السباكة المستمرة يكون ذو كثافة عالية وهو مناسب تماماً للتطبيقات التي تعمل بضغوط عالية.

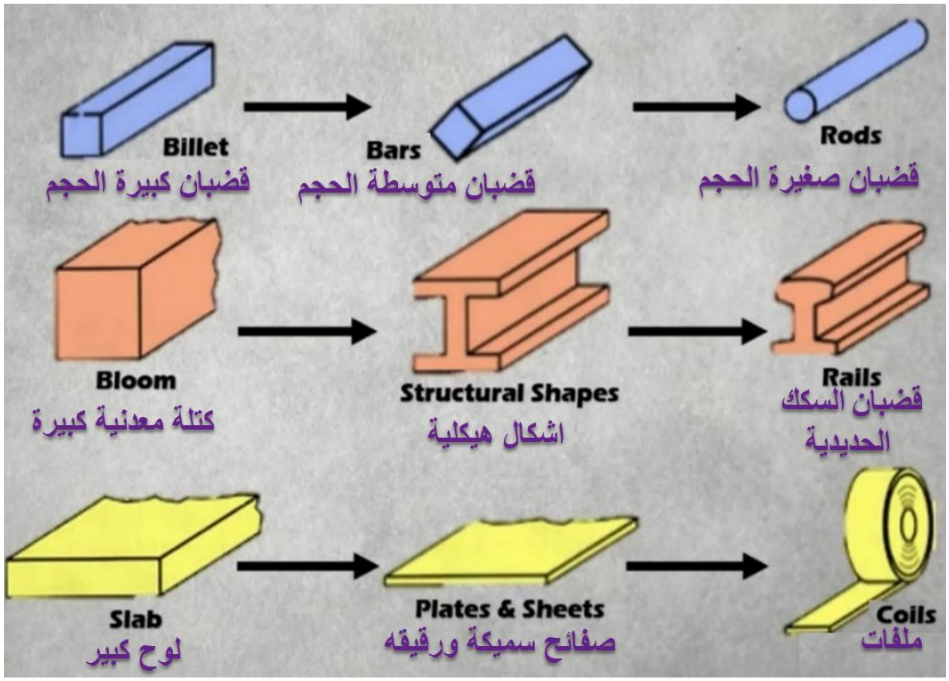
4-4 القيود أو المحددات في عملية السباكة المستمرة:

1. فهم عملية السباكة والتحكم فيها مهم لأنها قد تدخل عيوب ثابتة في المنتج النهائي حتى بعد العديد من خطوات المعالجة اللاحقة.
2. لا تتلاءم هذه الطريقة مع الدفعات الإنتاجية الصغيرة نظراً للكلفة العالية للقالب وكلفة تنصيب ماكينة السباكة المستمرة.
3. تتطلب العملية إجراء التبريد المستمر للقالب.
4. تتطلب رأسمال ضخم.
5. تحتاج إلى مساحة أرضية كبيرة.

5-4 تطبيقات السباكة المستمرة:

1. تستخدم في سباكة النحاس وسبائكه كالبراص والبرونز، والألمنيوم وسبائكه، وسبائك النيكل والمغنيسيوم والخارصين والرصاص والفولاذ والمعادن الثمينة بما في ذلك الذهب والفضة.
2. إنتاج المسبوكات الأولية التي تصنع لاحقا بعمليات تكميلية مثل الطرق أو الدرفلة أو السحب أو غيرها وتكون مقاطع المسبوكات على شكل مربع أو دائري أو ألواح أو صفائح، إلخ.
3. يمكن إنتاج أي شكل من أشكال المقطع العرضي مثل المقطع الدائري أو المستطيل أو المربع أو السداسي أو المسنن وما إلى ذلك.

ويوضح الشكل (4-1) المنتجات المصنعة بطريقة السباكة المستمرة لمعادن أساسية بكميات كبيرة وأشكال طويلة ومقطع عرضي متماثل مثل الأشكال الدائرية والمربعة والمستطيلة وغيرها من أجل الحصول على منتجات على شكل مقطع (H) وأشرطة رقيقة ومقاطع دائرية وغيرها من المنتجات، كما يوضح الجدول (4-1) أشكال وأبعاد المقاطع المنتجة بطريقة السباكة المستمرة.



الشكل (4-1) يوضح المقاطع العرضية المنتجة بطريقة السباكة المستمرة

4-6 الوصف العام للعملية:

إن الغرض من السباكة المستمرة هو لتجاوز حالة السباكة التقليدية وإجراء سباكة بطريقة يمكن من خلالها إستخدام عمليات الدرفلة للحصول على مقطع نهائي للمسبوكة. وقد أدى إستخدام هذه العملية إلى تحسين المنتج وجودة أسطح المسبوكة والجودة الداخلية للمنتج عند مقارنتها بمسبوكات منتجة بطرائق سباكة تقليدية اخرى.

4-7 الخطوات العامة لعملية السباكة المستمرة:

تتضمن السباكة المستمرة تسلسل العمليات الآتية:

1. نقل منصهر المعدن إلى ماكينة السباكة المستمرة.
2. تدفق المعدن من خلال البوتقة الوسطية (tundish) إلى داخل قالب الصب.
3. تشكيل مقطع الصب في قالب مبرد بالماء.

4. السحب المستمر للمسبوكة من القالب.
5. إجراء المزيد من إزالة الحرارة للمساعدة في إنجماد السائل في مركز المسبوكة عن طريق رش الماء خلف القالب.
6. قطع المسبوكة إلى الطول المطلوب ونقلها إلى خارج ماكينة السباكة المستمرة.

الجدول (4-1) يوضح أشكال وأبعاد المقاطع المنتجة بطريقة السباكة المستمرة

ألواح كبيرة (Slabs)		كتل معدنية كبيرة (مستطيلة ومربعة ودائرية وشكل H) Blooms and beam blanks	
ألواح مسبوكة (Slab Casting) السمك 150 - 400 mm العرض 400 - 3,200 mm		المستطيل min. 200 x 240 mm max. 400 x 600 mm	
سباكة التوائم (Twin Casting) السمك 100- 350 mm العرض 300 - 1,575 mm		المربع min. 220 x 220 mm max. 345 x 345 mm	
ألواح مسبوكة متوسطة Medium Slab Casting السمك 90 - 150 mm العرض 300 - 3,050 mm		الدائري dia. min. 100 mm dia. max. 600 mm	
ألواح مسبوكة رقيقة (Thin Slab Casting) السمك 40 – 70(90) mm العرض 790 - 1,680 mm		مقطع على شكل حرف H maximum 1119 x 500 x 132 mm Minimum 243 x 170 x 73 mm	
		مربع 76 - 215 mm	قضبان كبيرة الحجم (Billets)

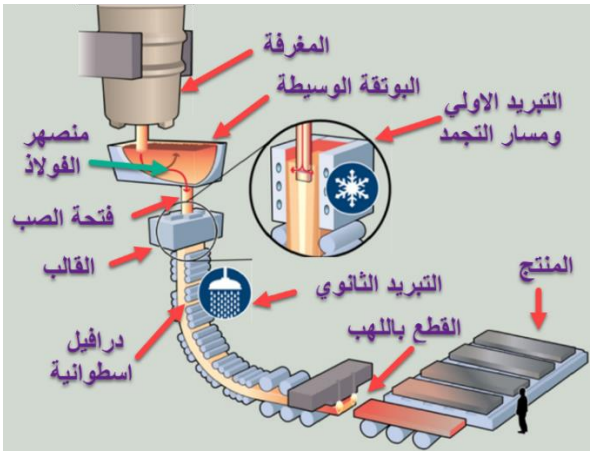
8-4 أنواع عمليات السباكة المستمرة:

هنالك أربعة أنواع من عمليات السباكة المستمرة وهي كالتالي:

1. السباكة المستمرة المنحنية (Curved Continuous Casting).
2. السباكة المستمرة الأفقية (Horizontal Continuous Casting).
3. السباكة المستمرة العمودية (Vertical Continuous Casting).
4. السباكة المستمرة للشريط (Strip Continuous Casting).

1-8-4 السباكة المستمرة المنحنية (Curved continuous casting):

السباكة المستمرة المنحنية هي إحدى طرائق السباكة المستمرة التي تستخدم في إنتاج مختلف المقاطع من الفولاذ ويمر شريط السباكة (Strand) بمجموعة من الدرافيل تشكل مسار منحني، يقلل من إرتفاع الماكينة، ويوضح الشكل (2-4) ماكينة السباكة المستمرة المنحنية. تم تطوير ماكينات السباكة المستمرة من النوع الرأسي كلياً إلى النوع المنحني، وقد تم إستخدام ماكينة السباكة ذات القوالب المنحنية ودرافيل الإستقامة التدريجية التي تحول الشريط المنحني إلى مستقيم على نطاق واسع، مما يتيح مزيداً من التخفيض في الإرتفاع وبالتالي يقلل من القوى اللازمة لعمليات التشكيل، ومن ناحية أخرى فإن إستخدام ماكينة السباكة الأفقية لإنتاج مقاطع من الفولاذ يكون مصحوباً بصعوبات كبيرة في تغذية منصهر الفولاذ في الوضع الأفقي لذلك تم إستبدالها بماكينات السباكة المستمرة المنحنية. لقد حولت الإبتكارات الحديثة عملية السباكة المستمرة المنحنية للفولاذ إلى عملية متطورة وعالية التقنية.



الشكل (2-4) يوضح الرسم التخطيطي لماكينة السباكة المستمرة المنحنية

مكونات ماكينات السباكة المستمرة المنحنية:

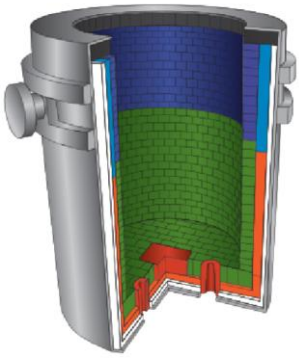
إن الأجزاء التي تتكون منها ماكينة السباكة المستمرة المنحنية موضحة في الشكل (4-2) وفيما يأتي ذكر لأهم الأجزاء في الماكينة:

1. فرن الصهر والذي يستخدم لصهر الفولاذ وتحويله إلى سائل وكما موضح في الشكل (4-3).

الشكل (4-3) يوضح فرن صهر الفولاذ

2. المغرفة (ladle) وتستخدم لنقل منصهر المعدن إلى البوتقة الوسطية (tundish) وهي تستهلك أكبر قدر من المواد المقاومة للحرارة في صناعة الفولاذ، مما يجعل تحسين التصميم ضرورياً لخفض التكلفة وإدارة الطاقة وضمان جودة الفولاذ، وغالباً ما تستخدم مغرفتين الأولى في حالة تفريغ منصهر المعدن إلى البوتقة الوسطية وتفتح فيها فوهة تفريغ المعدن المنصر والثانية تكون فارغة ترسل إلى الفرن لملئها بمنصهر المعدن وهذه تكون مغلقة الفوهة، وتكون المغرفتان مركبتين على منضدة دوارة وكما موضح في الشكل (4-4)، ويتم توفير مغارف تتسع ما بين (50-200) طن من الفولاذ المنصهر بشكل دوري إلى ماكينة السباكة. يتم فتح فوهة في الجزء السفلي من المغرفة لصب الفولاذ في وعاء كبير على شكل حوض إستحمام يسمى البوتقة الوسطية.

(أ)



(ب)

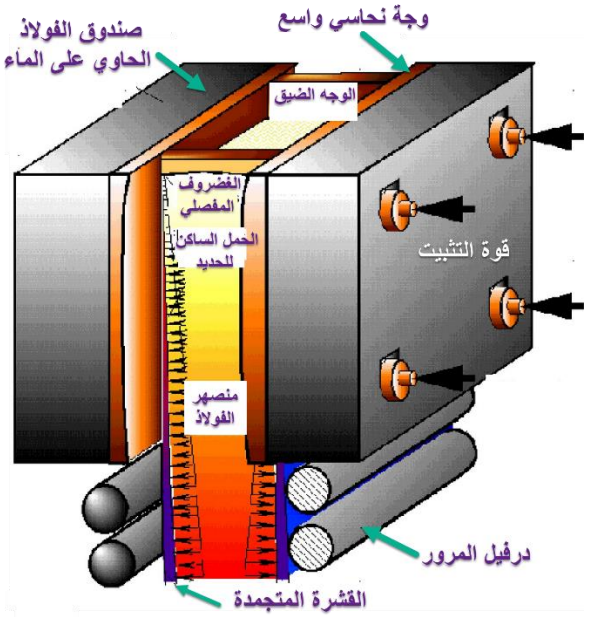
الشكل (4-4) أ- يوضح المنضدة الدوارة وفيها مغرفة واحدة والثانية لم تركب بعد

ب- مقطع يوضح البطانة الداخلية للمغرفة وفتحة خروج منصهر المعدن

3. البوتقة الوسطية التي تستخدم كخزان لمنصهر الفولاذ لضمان إستمرار تدفقه للقالب وخصوصاً عند الحالة التي يتم فيها إستبدال المغرفة الفارغة بأخرى مملوءة بالمنصهر، وتحتوي البوتقة الوسطية على فتحة الصب وهي موضحة في الشكل (4-5)، علاوة على ذلك يتم إستخدام البوتقة بشكل متزايد كوعاء مفاعل معدني يهدف إلى تحسين التحكم في نظافة الفولاذ ودرجة الحرارة ومكونات معدن المسبوكة وهذا يضمن أن الفولاذ خالي من الشوائب الكبيرة والصغيرة، ويتم توزيع المنصهر في القالب (القوالب) بطريقة تجعل الفولاذ في كل قالب متجانساً.

الشكل (4-5) يوضح البوتقة الوسطية

4. قالب السباكة ومنظومة التبريد الأولي ومسار الإنجماد والغضروف المفصلي، وكما موضح في الشكل (4-6).



الشكل (4-6) يوضح القالب ومنظومة التبريد الأولي ومسار الإنجماد والغضروف المفصلي

5. هزاز القالب يستخدم لهز القالب ومنع المعدن من الالتصاق بجدران القالب.
6. مجموعة درافيل إسطوانية كابسة وتستخدم لتحويل مسار الشريط من الوضع العمودي إلى الوضع الأفقي بمسار على شكل منحني، وكذلك لضبط أبعاد المنتج.
7. منظومة التبريد الثانوي.
8. معدات القطع باللهب.
9. درافيل إسناد المنتج.

مميزات ماكينة السباكة المستمرة المنحنية:

تمتلك ماكينات السباكة المستمرة المنحنية مجموعة من المميزات وهي مدرجة كالآتي:

1. تقليل إرتفاع الماكينة.
2. إنخفاض تكاليف مباني المصنع (المباني السفلية).
3. إنخفاض التكاليف اللازمة لمعدات الرفع.
4. كلف صيانة أقل.
5. عدم الحاجة إلى آلية لقلب المسبوكة المقطوعة عمودياً للوضع الأفقي حيث أن المسبوكة تقطع في الوضع الافقي.

طريقة عمل ماكينة السباكة المستمرة المنحنية:

تتلخص خطوات تنفيذ مسبوكات الفولاذ بطريقة السباكة المستمرة المنحنية وكما يأتي:

1. يتم صهر الفولاذ في فرن قريب من ماكينة السباكة المستمرة المنحنية وتحويله إلى سائل .
2. تملأ المغرفتين بمنصهر المعدن وتركب على المنضدة الدوارة وتفتح فوهة المغرفة المقابلة للبوتقة الوسطية، أما المغرفة البعيدة فتكون فوهتها مغلقة.
3. يتم مليء البوتقة الوسطية بمنصهر المعدن والذي ينزل من المغرفة ويراعى أن تحتوي البوتقة الوسطية على معدن كافٍ لتوفير تدفق مستمر إلى القالب، حتى أثناء تبادل المغرفتين.

تعمل البوتقة الوسطية كوعاء تنقية لتطفو الشوائب الضارة (أكاسيد، كبريتات،....الخ) على السطح العلوي لإنخفاض كثافتها. وهي عبارة عن غطاء رقيق يطفو على سطح المعدن السائل ويتم التخلص منه لاحقاً. قد تشكل أي شوائب متبقية في المنتج عيوباً في السطح أثناء عمليات الدرفلة اللاحقة مثل

"الشظايا" (خطوط طولية مشوهة) والتي تنفصل أحياناً إلى شرائط أو بثور ملتصقة بشكل غير محكم. إن الشوائب الكبيرة تسبب في تركيز الإجهادات الداخلية الموضعية، مما يقلل من مقاومة الفولاذ وعمر الكلل (fatigue life) (يعرف عمر الكلل بأنه عدد دورات التحميل التي يمكن للجزء تحملها قبل فشل الجزء اثناء الخدمة). لإنتاج منتج عالي الجودة، يجب حماية منصهر الفولاذ من التعرض للهواء وذلك بإضافة مساعدات الصهر (Fluxes) التي تطفو على سطح المنصهر وتحد من تفاعله مع غازات الجو. وفي حالة عدم تحقيق ذلك، فسوف تتفاعل الغازات في الجو ومنها الأوكسجين لتشكيل شوائب ضارة في الفولاذ.

4. يتم نزول منصهر الفولاذ من البوتقة الوسطية إلى القالب المفتوح الذي يتكون من أربع ألواح مبردة بالماء ينزلق بينها المنصهر وتتشكل قشرة صلبة أثناء الصب بتأثير التبريد الأولي داخل القالب وحصول عملية التبلور، أما المنطقة الوسطية لشريط المسبوكة تبقى في حالة سائلة وتكون درجة حرارة الصب حوالي 1540 °C. يُعرَّض القالب إلى الإهتزازات لمنع إلتصاق غلاف شريط المسبوكة بجدران القالب.
5. تقوم درافيل القيادة في الماكينة بسحب المعدن المتجمد بإستمرار من القالب بنفس معدل أو سرعة الصب التي تتطابق مع تدفق المعدن الخارج من القالب، لذلك تنفذ العملية بشكل دقيق. يتم التحكم في معدل تدفق السائل عن طريق تقييد الفتحة في الفوهة الموجودة في البوتقة الوسطية وفقاً للإشارة التي يتم تغذيتها من متحسس المستوى في القالب. إن الجزء الأكثر أهمية في العملية هو الغضروف المفصلي الموجود عند التقاطع حيث يلتقي الجزء العلوي من الغلاف المتصلب مع القالب والسطح السائل و هذا هو المكان الذي يتم فيه إنشاء سطح المنتج النهائي. يمكن أن تتشكل عيوب مثل التشققات السطحية هنا، لذلك يُضاف الزيت أو مساعدات الصهر أعلى الغضروف المفصلي الفولاذي، والذي يتدفق بعد ذلك في الفجوة بين القالب والشريط. بالإضافة إلى تشحيم منطقة التلامس، فإن طبقة مساعدات الصهر ستحمي الفولاذ من الهواء، وتوفر عزلاً حرارياً، وتمتص الشوائب.
6. يستخدم رذاذ الماء أو الهواء لتبريد سطح الشريط بين درافيل الإسناد. يتم ضبط معدلات تدفق الرش للتحكم في درجة حرارة سطح الشريط مع ضمان الحد الأدنى من إعادة التسخين حتى يصبح المركز المنصهر متجمداً.
7. يتم قطع الشريط بإستخدام مشاعل أوكسي أستيلين إلى ألواح أو قضبان بأي طول مرغوب بعد أن يصبح المركز صلباً تماماً. تقوم ماكينات السباكة المستمرة المختلفة بسباكة مقاطع عرضية بأشكال وأحجام مختلفة.

4-8-2 السباكة المستمرة الأفقية (Horizontal continuous casting):

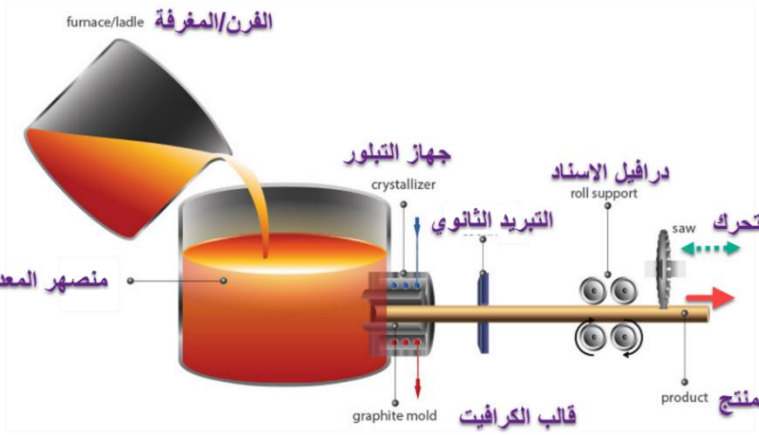
يكون وضع القالب بشكل أفقي بحيث يخرج المنتج من فتحة القالب بالوضع الافقي ويوضح الشكل (4-7) السباكة المستمرة الأفقية.

المكونات الرئيسية للماكينة:

1- فرن الصهر أو مغرفة النقل (transportation ladle).
2- فرن الصب مع بوتقة وسطية تعمل كخزان وموزع لمنصهر المعدن.
3- جهاز التبلور (Crystallizer) مع نظام التبريد.
4- قالب الكرافيت المركب على الفرن.
5- التبريد الثانوي.
6- درفيل الاسناد.
7- المنشار.

طريقة عمل ماكينة السباكة المستمرة الأفقية:

يتم صهر المعدن في فرن الصهر ونقله إلى المغرفة أو يتم إرساله مباشرة إلى البوتقة الوسطية. يتدفق المعدن الساخن من خزان التوزيع تحت تأثير الجاذبية عبر قالب الكرافيت المثبت في جهاز التبلور بصورة افقية، حيث يتم تبريد المعدن ويكتسب شكلاً محدداً حسب فتحة الخروج من القالب. تقوم درافيل الاسناد بمسك المنتج وضبط سرعة الصب. يخرج المنتج من ماكينة السباكة أفقياً. بإستخدام منشار قرصي متحرك، يتم قطع المنتج إلى طول محدد مسبقاً وبعد ذلك يتم تمريره لمزيد من المعالجة.



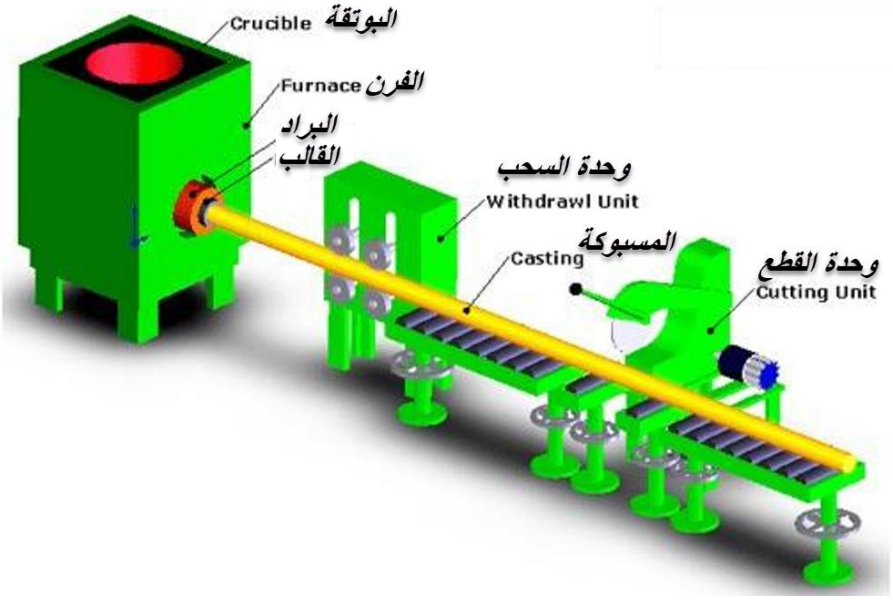
الشكل (4-7) يوضح رسم تخطيطي لماكينة السباكة المستمرة الافقية

التطبيق الأول

إنتاج قضبان دائرية من البراص بطريقة السباكة المستمرة الأفقية

تمهيد:

ماكينات السباكة المستمرة الأفقية للنحاس وسبائكه هي خطوط إنتاجية، لإنتاج القضبان والأنابيب والصفائح والأسلاك والأشرطة من النحاس والبراص والبرونز. وتستخدم خطوط الإنتاج هذه على نطاق واسع في إنتاج الأسلاك الكهربائية والأنابيب والقضبان بمختلف المقاطع.....الخ. وتصل درجة حرارة الفرن إلى 1200 °C. تصنع الماكينات بعدة أنواع وحسب القدرة الإنتاجية ومتطلبات الجهة المستفيدة، ويوضح الشكل (4-8) ماكينة السباكة المستمرة الافقية.



الشكل (4-8) يوضح ماكينة السباكة المستمرة الأفقية لإنتاج القضبان والأنابيب والصفائح والأسلاك والأشرطة من النحاس والبراص والبرونز

مكونات الماكينة:

1. الفرن (فرن الصهر وفرن الحيازة).
2. الجرارات (Tractors) أو ما يسمى وحدة السحب (Withdrawal unit).
3. آلة القطع الأوتوماتيكية (Automatic cutting machine).

4. ماكينة التقشير (peeling machine).
5. نظام التحكم الكهربائي (Electric control system).
6. نظام تبريد المياه (Water cooling system).
7. معدات إزالة الغبار (Dust removal equipment).

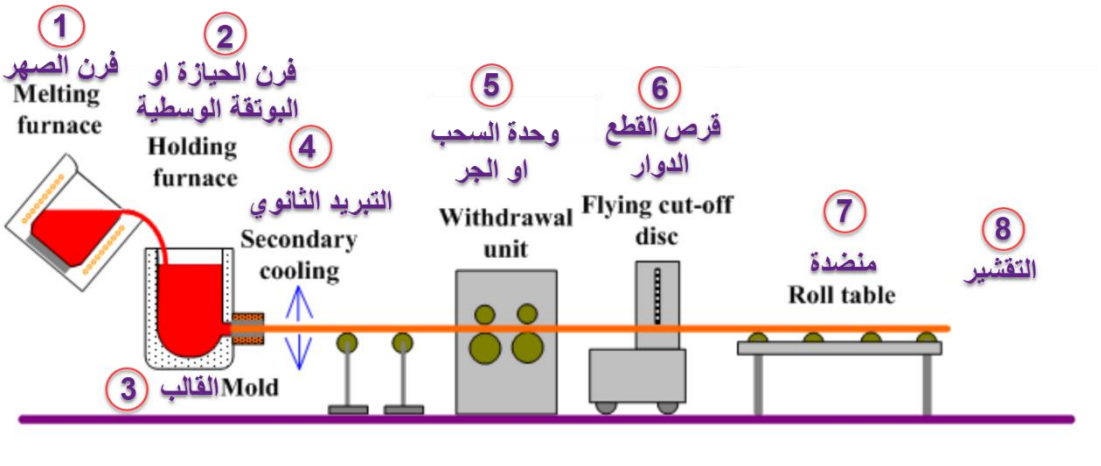
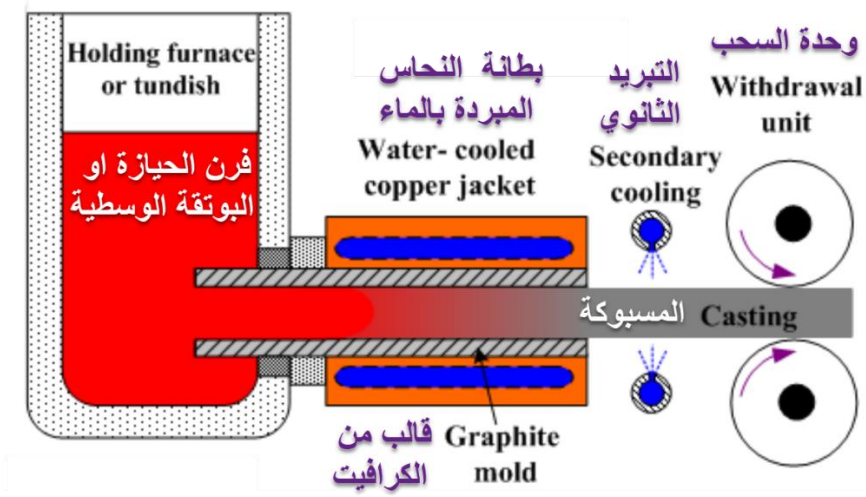
هدف التطبيق: التعرف على كيفية تصنيع الأشكال المختلفة المقاطع من سبائك النحاس.

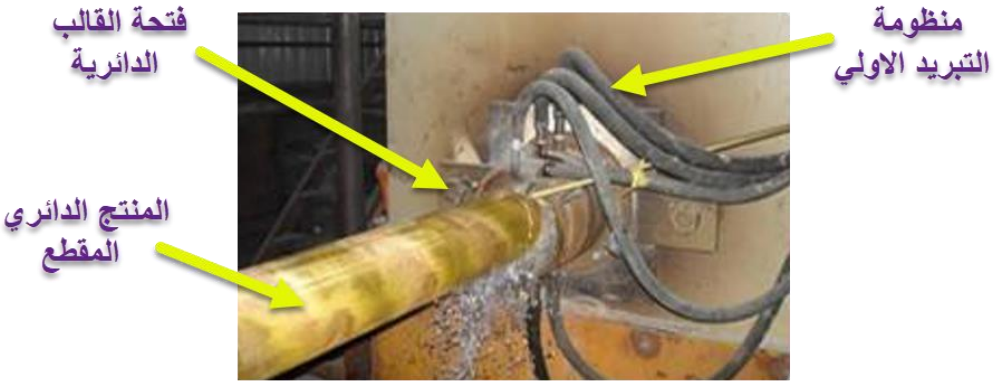
التسهيلات التعليمية:

1- ورشة تدريب 2- ماكينة السباكة المستمرة الأفقية لإنتاج القضبان والأنابيب والصفائح والأسلاك والأشرطة من النحاس والبراص والبرونز 3- فرن صهر 4- مادة خام من احدى سبائك النحاس (البراص) 5-وسيلة نقل المنصهر 6- معدات سلامة.

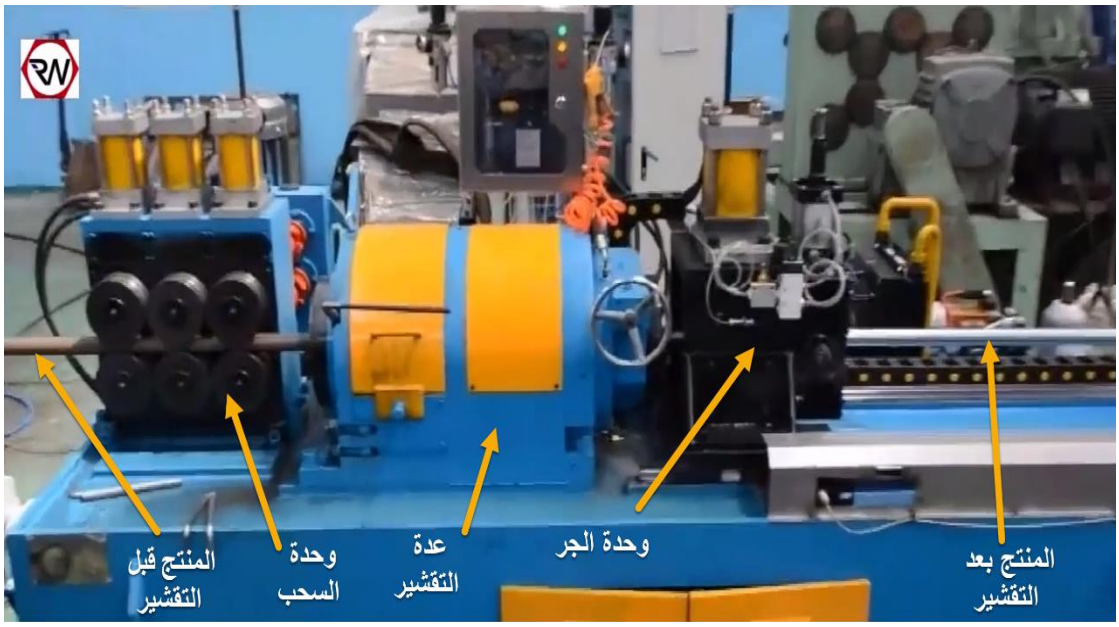
خطوات العمل:

ت	الوصف مع الرسم التوضيحي
1	يقوم فرن الصهر بالحث (Induction melting furnace) ذو بطانة من الكرافيت بصهر البراص وتحويله إلى سائل، ويتم عزل منصهر المعدن عن الهواء عن طريق إضافة مسحوق الفحم إلى سطح منصهر المعدن أو هنالك مواد مساعدة للصهر (Fluxes) تكون مانعة للتفاعل مع غازات الجو وكما موضح في الشكل (4-9). **الشكل (4-9)**

2	يتم إتباع الخطوات الموضحة في الشكل (4-10)، لإنتاج قضيب دائري من سبيكة النحاس (البراص) بقطر يتحدد من خلال فتحة القالب.  **الشكل (4-10)**
3	الخطوة 1: نقل منصهر المعدن من فرن الصهر بواسطة البوتقة.
4	الخطوة 2: تفريغ منصهر المعدن من البوتقة إلى فرن الحيازة أو البوتقة الوسطية.
5	الخطوة 3: خروج منصهر المعدن من فتحة القالب ويأخذ شكل الفتحة ويمرر من خلال بطانة نحاسية مبردة بالماء حيث يتم إجراء التبريد الأولي وتكوين غلاف خارجي صلب للمعدن يحيط بمنصهر المعدن الموجود في وسط المسبوكة وتحدث عملية التبلور للمعدن بفعل التبريد بواسطة المبلور (Crystallizer)، وكما موضح في الشكل (4-11).  **الشكل (4-11)**

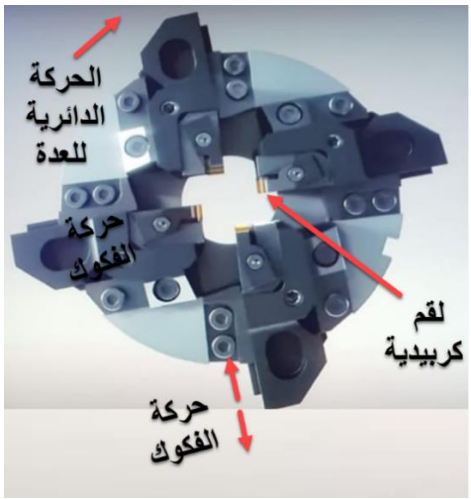
	ويوضح الشكل (4-12) المسبوكة أثناء خروجها من القالب:  **الشكل (4-12)**
6	الخطوة 4: تمرر المسبوكة من خلال فتحات ضخ الماء لإجراء التبريد الثانوي وإكتمال إنجماد المعدن ويستفاد من سرعة التبريد للحصول على حبيبات ناعمة وخواص ميكانيكية محسنة.
7	الخطوة 5: يتم تمرير المسبوكة من خلال درفيل لسحبها بعيداً عن القالب وضمان إستمرارية حركة المسبوكة. وفي هذه الوحدة يمكن ضبط المسافة بين أي عجلتين وحسب سمك أو قطر المنتج وكذلك يتم ضبط سرعة سحب المنتج من أجل سحبه بشكل مستقيم وتحسين نوعيته.
8	الخطوة 6: يتم قطع المسبوكة إلى الطول المحدد مسبقا حيث يتحرك القرص الدوار مع حركة المسبوكة اثناء القطع لضمان عدم كسره. وفي ماكينة القطع يتم تثبيت المنتج (مسبوكة البراص) في الإتجاهين الرأسي والأفقي لتحقيق كفاءة ودقة عاليتين في القطع، وتكون عملية جمع الرايش والرذاذ المتطاير آلية أثناء القطع.
9	الخطوة 7: يمرر المنتج بعد القطع على منضدة ذات عجلات لتحريكه بإتجاه ماكينة التقشير (peeling machine).
10	الخطوة 8: يمرر المنتج في ماكينة التقشير لإزالة الطبقة الخارجية من الأكاسيد وضبط القطر الخارجي وتحسين خواص السطح وبذلك يكون جاهز للإستخدام ويوضح الشكل (4-13) ماكينة التقشير، ويتلخص عملها بأن يسحب المنتج بواسطة عجلات ويمرر من خلال عدد قطع لتشغيل القطر الخارجي لضبط البعد والحصول على انهاء سطحي يلبي متطلبات الإستخدام، ثم يتحرك المنتج لحين الوصول إلى وحدة الجر التي تسحبه إلى عجلات تكون مسؤوله عن ابعاده عن

الماكينة. تكون عملية التقشـير إختيارية حيث أنه من الممكن إنتاج مسـبوكات بدون المرور بهذه المرحلة لكن البعد والسطح الخارجي للمنتج سوف لن يكون ذو مواصفات نهائية.



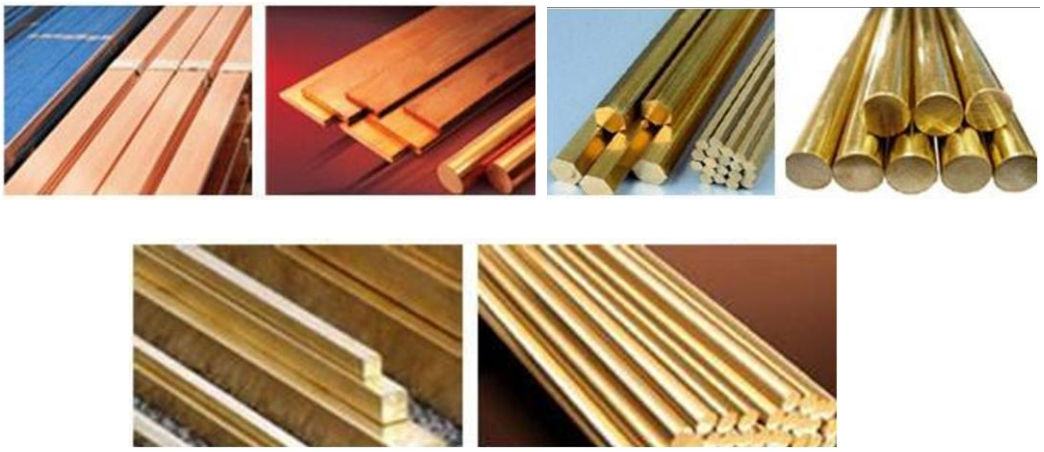
الشكل (4-13)

يوضح الشكل (4-14) عدة القطع المستخدمة في ماكينة التقشير.



الشكل (4-14)

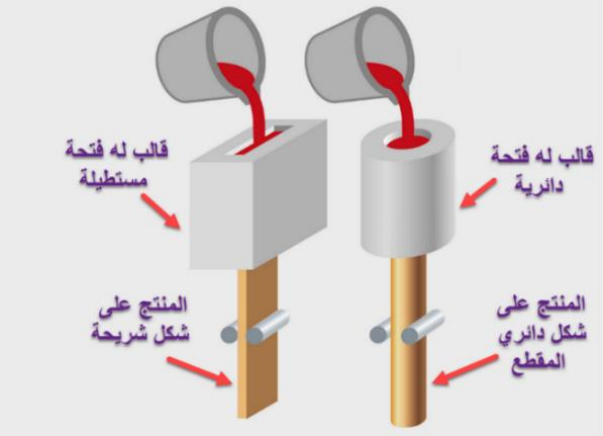
عدة القطع في ماكينة التقشـــير عبارة عن جزء دوار يحتوي على مجموعة من اللقم الكربيدية، وتدور العدة لتقطع السـطح الخارجي للمنتج (المسـبوكة) ويتم ضـبط البعد عن طريق تحريك الفكوك الأربعة للعدة بما يحقق القياس المطلوب للقطر الخارجي للمنتج.

	ميزة عملية التقشير: توفير إمكانية التقشير السريع والفعال من حيث الكلفة. غالباً ما يكون هذا بديلاً مناسباً للتشغيل الآلي على المخرطة، لأن عملية الدوران تستغرق وقتاً أطول بكثير، وبالتالي فإن عمليات التشغيل البديلة عن التقشير والتي تتم بالخراطة أو أي عملية تشغيل أخرى فإنها تتطلب جهداً وتكلفة معالجة كبيرين. وفي عملية التقشير يتم أيضاً تحقيق إمكانات اختصار كبير في مراحل التصنيع، لأنه يمكن إزالة الطبقة الخارجية بسرعة كبيرة وبالتالي يمكن إزالتها بشكل فعال، مما قد يجعل المنتج النهائي أرخص بكثير.
11	يمكن إنتاج مختلف المقاطع من النحاس وسبائكه وحسب شكل فتحة القالب المجهز وكما موضح في الشكل (4-15)، وتستخدم ماكينات تقشير لها عدد خاصة في حالة إنتاج المقاطع غير الدائرية.  **الشكل (4-15)**

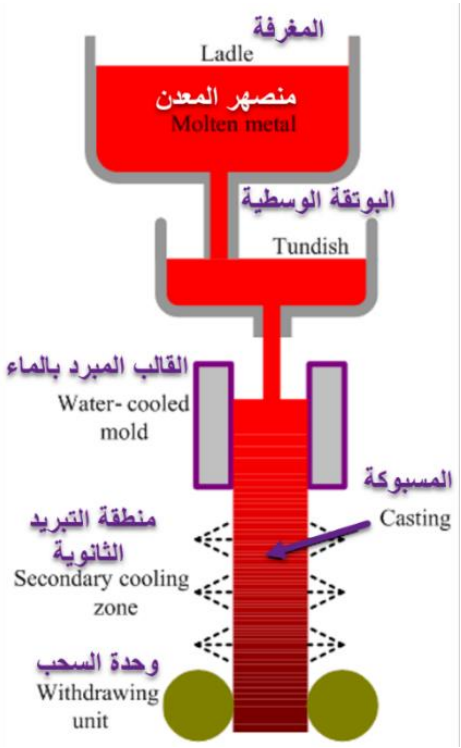
4-8-3 السباكة المستمرة العمودية: (Vertical continuous casting)

يتم تجهيز منصهر المعدن بإستمرار من المغرفة إلى المغرفة الوسطية أو البوتقة الوسطية التي يُصب منها منصهر المعدن بإستمرار في القالب بمعدل يمكن التحكم فيه مع الحفاظ على مستوى الذوبان في وضع ثابت. يتم التخلص من حرارة منصهر المعدن بواسطة القالب المبرد بالماء (منطقة التبريد الأولية) مما يتسبب في إنجماده. وتكون للقالب حركة تأرجحية من أجل منع التصاق منصهر المعدن به. عندما تخرج المسبوكة من القالب، يتم تبريدها في منطقة التبريد الثانوية بواسطة الماء (أو الماء والهواء) الذي يتم رشه على سطح المسبوكة. يتم إستخراج المسبوكة بصورة مستمرة من القالب بواسطة وحدة السحب تليها وحدة القطع. تبدأ عملية الصب من إدخال شريط وهمي (أساسي) في القالب، يساعد في توجيه المسبوكة بإتجاه وحدة السحب عند بداية عملية الصب، ثم يُسكب منصهر المعدن في القالب حيث يتجمد

ويمسك نهاية الشريط الوهمي. يتم فصل الشريط الوهمي عن المسبوكة بعد إجتياز وحدة السحب حيث أن مواصفاته تختلف عن مواصفات المسبوكة المنتجة. تستخدم طريقة التبريد المباشر للمسبوكة في السباكة المستمرة العمودية للمعادن غير الحديدية (سبائك الألمنيوم، وسبائك النحاس، وسبائك المغنيسيوم) ويمكن إنتاج مقاطع عرضية مختلفة كالدائري أو المستطيل أو السداسي أو غيرها ويوضح الشكل (4-16) قالبين بشكلين دائري ومستطيل. ويوضح الشكل (4-17) رسم تخطيطي لماكينة السباكة المستمرة العمودية.



الشكل (4-16) يوضح قالبين بشكلين دائري ومستطيل



الشكل (4-17) يوضح رسم تخطيطي لماكينة السباكة المستمرة العمودية

مزايا السباكة المستمرة العمودية:

1- لا يوجد تشوه في المنتج حيث أن الحركة بعد الخروج من القالب تكون مستقيمة ولا يوجد إنحناء أو إزالة الإنحناء، كما هو الحال في طريقة السباكة المستمرة المنحنية.
2- تطفو الشوائب والأكاسيد بعيداً عن المسبوكة.

محددات السباكة المستمرة العمودية:

1- الإرتفاع الكلي مع المنتج يكون كبير.
2- الضغط الستاتيكي الذي تسلطه كتلة عمود المسبوكة يكون عالي.
3- سرعة السباكة محدودة بسبب عدم توفر الطول.

تقسم السباكة المستمرة العمودية إلى نوعين:

أولاً ـ السباكة المستمرة العمودية ذات المصب النازل:

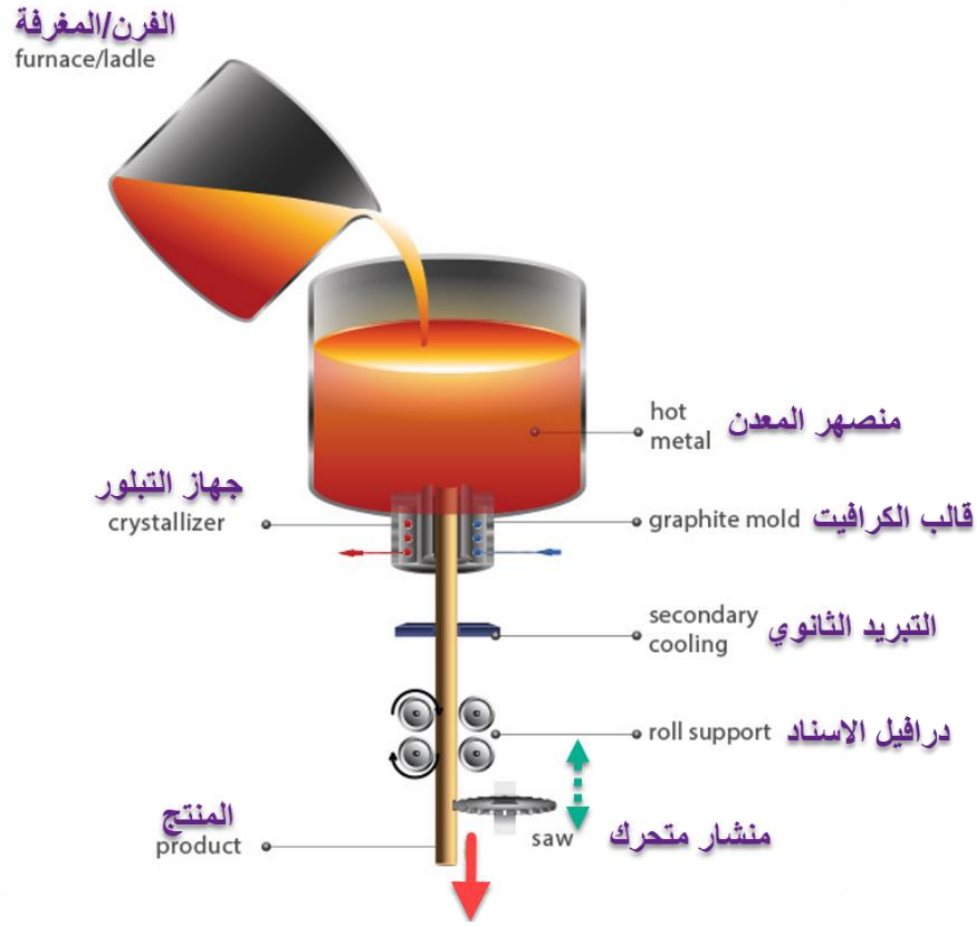
(Vertical Downstream Continuous Casting)

يتم تركيب القالب بشكل عمودي أسفل فرن الحيازة بحيث يخرج المنتج من فتحة القالب بالوضع العمودي بإتجاه الأسفل ويوضح الشكل (4-18) ماكينة السباكة المستمرة العمودية ذات المصب النازل.

المكونات الرئيسية للماكينة هي نفس المكونات المشار إليها في ماكينة السباكة المستمرة الأفقية.

طريقة عمل ماكينة السباكة المستمرة العمودية ذات المصب النازل:

يتم صهر المعدن في فرن الصهر ويتم إدخاله في المغرفة لنقله إلى فرن الصب أو يتم إرساله مباشرة إلى البوتقة الوسطية في فرن الصب. يتدفق منصهر المعدن من خزان التوزيع تحت تأثير الجاذبية عبر قالب الكرافيت، المثبت في جهاز التبلور بصورة عمودية بإتجاه الأسفل، حيث يتم تبريد المعدن ويكتسب شكلاً محدداً حسب فتحة الخروج من القالب. تقوم درافيل الإسناد بإلتقاط المنتج ويتم ضبط سرعة الصب. يخرج المنتج من ماكينة السباكة عمودياً. يتم قطع المنتج إلى طول محدد مسبقاً بإستخدام منشار قرصي متحرك وبعد ذلك يتم تمريره لمزيد من المعالجة.



الشكل (4-18) يوضح رسم تخطيطي لماكينة السباكة المستمرة العمودية ذات المصب النازل

ثانياً - السباكة المستمرة العمودية ذات المصب الصاعد:

(Vertical upstream continuous casting)

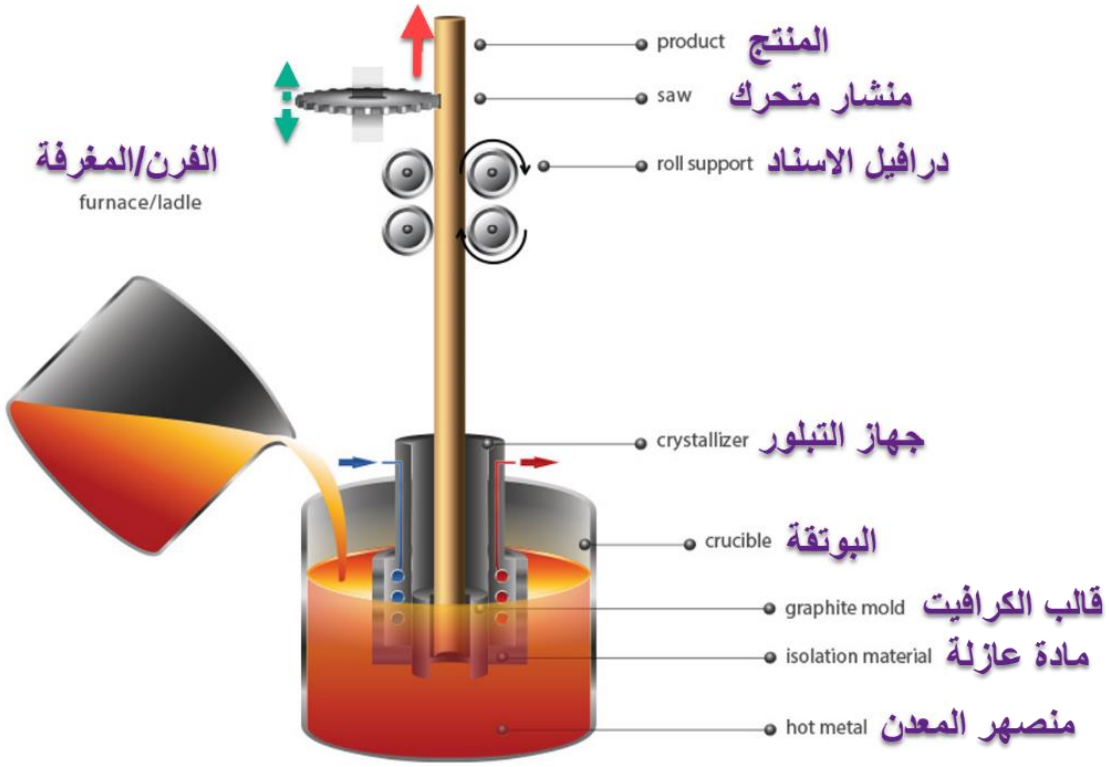
تم إستخدام معدات السباكة المستمرة العمودية ذات المصب الصاعد لتسريع إجراءات التصنيع للمقاطع الدائرية الصغيرة أو الأسلاك الصغيرة التي تم تنفيذها في التسعينيات من القرن العشرين. تستخدم هذه الطريقة بشكل أساسي لتصنيع منتجات بقطر 8-30 مليمتر.

يتم إستخدام السباكة المستمرة العمودية ذات المصب الصاعد في سباكة سبائك البرونز والنحاس والنيكل، حيث تم إكتشاف أنه من خلال سباكة هذه السبائك عمودياً بإتجاه الأعلى، تكون سرعة الصب أعلى والصفات الفيزيائية للسبائك المنتجة تكون أفضل. إن الفائدة الرئيسية من هذه الطريقة هي إمكانية تغيير جهاز التبلور بشكل أسرع، لإمكانية تبريده وتسخينه عند الضرورة ويوضح الشكل (4-19) رسم تخطيطي لماكينة السباكة المستمرة العمودية ذات المصب الصاعد.

المكونات الرئيسية لماكينة السباكة المستمرة العمودية ذات المصب الصاعد هي نفس المكونات المشار إليها في ماكينة السباكة المستمرة الأفقية، بإستثناء وجود المادة العازلة المحيطة بجهاز التبلور والتي تستخدم لعزل جهاز التبلور عن منصهر المعدن حيث أن جهاز التبلور مغمور بداخله.

طريقة عمل ماكينة السباكة المستمرة العمودية ذات المصب الصاعد:

يتم صهر المعدن في فرن الصهر ويتم إدخاله في المغرفة لنقله إلى فرن الصب أو يتم إرساله مباشرة إلى البوتقة الوسطية في فرن الصب. يتدفق منصهر المعدن من خزان التوزيع تحت تأثير الحاويات المترابطة خلال قالب الكرافيت المثبت في جهاز التبلور بصورة عمودية بإتجاه الأعلى، حيث يتم تبريد المعدن ويكتسب شكلاً محدداً حسب فتحة الخروج من القالب. تقوم درافيل الإسناد بإلتقاط المنتج ويتم ضبط سرعة الصب. يخرج المنتج من ماكينة السباكة عمودياً. يتم قطع المنتج إلى طول محدد مسبقاً بإستخدام منشار قرصي متحرك وبعد ذلك يتم تمريره لمزيد من المعالجة.



الشكل (4-19) يوضح رسم تخطيطي لماكينة السباكة المستمرة العمودية ذات المصب الصاعد

التطبيق الثاني

إنتاج شريط من سبيكة الألمنيوم بطريقة السباكة المستمرة الأفقية بإستخدام درفيل مزدوج.

هدف التطبيق: التعرف على كيفية تصنيع الشريط ذو السمك القليل من سبائك الألمنيوم.

التسهيلات التعليمية: 1- ورشة تدريب 2- ماكينة السباكة المستمرة الأفقية 3- فرن صهر 4- مادة خام من احدى سبائك الالمنيوم 5- وسيلة نقل المنصهر 6- معدات سلامة.

وصف إستخدام طريقة الدرفيل المزدوج:

يستخدم في هذه الطريقة قوالب متحركة "لا نهاية لها" (درافيل دوارة). تتميز الطريقة بحركة صفرية نسبية بين القالب (الذي هو عبارة عن الدرفيل المزدوج) وأسطح المسبوكة. تُستخدم العجلات ذات الدرفيل المزدوج لتصنيع شرائح السباكة من سبائك أساسها الألمنيوم. في عملية السباكة ذات الدرفيل المزدوج، يتم تغذية منصهر المعدن من خلال فوهة خزفية في الفجوة بين درفيلين دوارين مبردين بالماء. يبرد منصهر المعدن ويتجمد بين الدرفيلين. بالإضافة إلى ذلك، يخضع الشريط المتجمد الى درفلة ساخنة مع تقليل السمك بحوالي 5-20٪ عن السمك الأصلي لحظة خروج المنتج من الفوهة السيراميكية. يتم منع الإلتصاق بين الأسطوانة والشريط الصلب عن طريق عامل مساعد للعزل موجود على سطح الدرفيل. يحتوي العامل المساعد للعزل على الكرافيت أو هيدروكسيد المغنيسيوم. توفر عملية السباكة ذات الدرفيل المزدوج معدل تبريد مرتفع للغاية يصل إلى 550 درجة مئوية / ثانية.

فوائد طريقة الدرفيل المزدوج:

1- تتكون بنية حبيبية ناعمة جدا للمسبوكة، وينتج ذلك بسبب معدل التبريد العالي مع توزيع متجانس لحبيبات العناصر المضافة.

2- المعالجة السطحية غير مطلوبة. لا تتشكل عيوب سطحية، بسبب الحركة النسبية القليلة للدرفيلين مع المسبوكة المتجمدة. يمكن لف الشريط المنتج بهذه الطريقة ومعالجته بشكل إضافي بعملية الدرفلة بدون الحاجة الى تشغيل السطح بإستخدام التفريز، وفي الحالات التي تتطلب دقة سمك عالية يتم تشغيل السمك لضبط الدقة.

3- إمكانية تنفيذ معدل سباكة عالي، حيث يسمح معدل التبريد العالي جداً بزيادة معدل السحب إلى 1000 مليمتر/دقيقة.

4- يكون نظام السحب مستمر (غير متقطع)، ولا تتشكل تشققات في الطبقة السطحية، وبالتالي فإن التوقف المؤقت والخطوات العكسية غير مطلوبة في دورة السحب (ينتج عن نظام السحب المتقطع بنية بلورية غير متجانسة، مما قد يتسبب في حدوث تشققات أثناء عملية الدرفلة على البارد)، وهذا مالم يحصل عند إستخدام طريقة الدرفيل المزدوج.

5- سهولة لف المسبوكة، ويمكن الحصول على مصبوبات رقيقة بسمك 6 مليمتر.

محددات طريقة الدرفيل المزدوج:

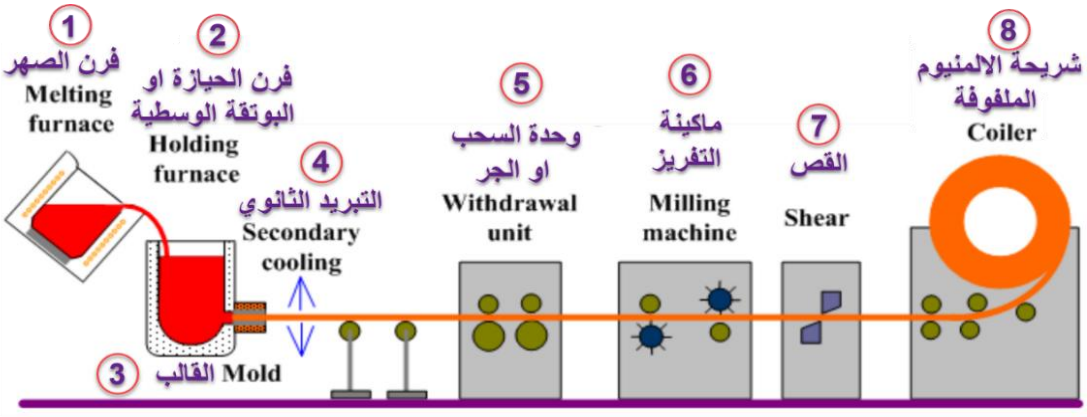
1- كلفة المعدات باهظة الثمن.

2-محدودية سمك المسبوكة، لا يمكن إنتاج مسبوكات بسمك كبير.

3-إجهادات حرارية داخلية عالية ناتجة عن التبريد، والإنجماد السريع للغاية، لذلك تحتاج المسبوكات إلى إجراء معاملة حرارية تسمى التلدين قبل اجراء عملية الدرفلة.

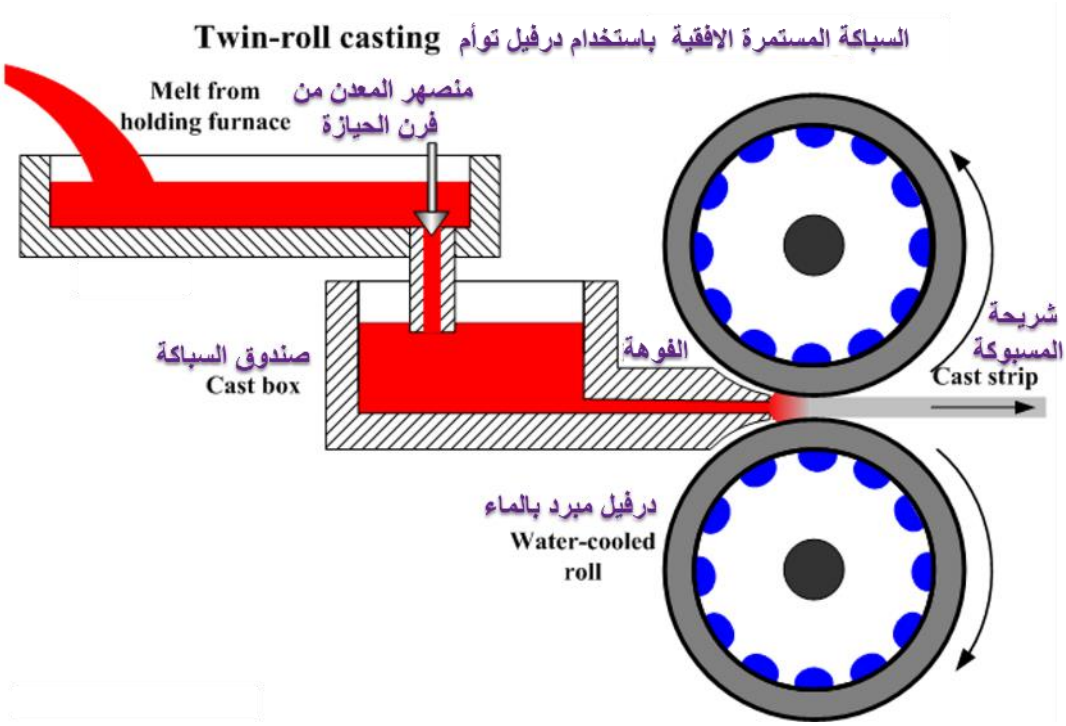
خطوات العمل:

ت	الوصف مع الرسم التوضيحي
1	يقوم فرن الصهر بالحث بصهر الألمنيوم وتحويله إلى سائل، ويتم عزل منصهر المعدن عن الهواء عن طريق إضافة مسحوق الفحم إلى سطح منصهر المعدن أو هنالك مواد مساعدة للصهر (Fluxes) تكون مانعة للتفاعل مع غازات الجو.
2	يتم إتباع الخطوات الموضحة في الشكل (4-20) لإنتاج صفيحة من سبيكة الألمنيوم يتحدد سمكها من خلال المسافة بين الحزامين في ماكينة السباكة المستمرة الأفقية.



الشكل (4-20)

3	الخطوة 1: يتم نقل منصهر المعدن من فرن الصهر بواسطة البوتقة.
4	الخطوة 2: يتم تفريغ منصهر المعدن من البوتقة إلى فرن الحيازة أو البوتقة الوسطية.
5	الخطوة 3: تستخدم قوالب متحركة (درافيل دوارة)، مبردة بالماء، يتم تغذية منصهر المعدن من خلال فوهة خزفية في الفجوة بين الدرفيلين، وبفعل التبريد بالماء يبرد منصهر المعدن ويتجمد بين الدرفيلين. يستخدم عامل مساعد للعزل موجود على سطح الدرفيل. يحتوي العامل المساعد للعزل على الكرافيت أو هيدروكسيد المغنيسيوم، ويعمل على منع الألتصاق بين الدرفيل والشريط الصلب، بالإضافة إلى ذلك، يخضع الشريط المتجمد الى درفلة ساخنة لتقليل السمك بحوالي 5-20٪ عن السمك الأصلي لحظة خروج المنتج من الفوهة السيراميكية، ويوضح الشكل (4-21) القالب المتحرك (درافيل دوارة) المبرد بالماء.



الشكل (4-21)

6	الخطوة 4: تمرر المسبوكة من خلال فتحات ضخ الماء لإجراء التبريد الثانوي وإكتمال إنجماد المعدن ولسرعة التبريد يتم الحصول على حبيبات ناعمة وخواص ميكانيكية محسنة، وهذه الخاصية تكون عكس الحالة التي يتم بها الحصول على حبيبات خشنة عندما يكون معدل التبريد بطيء.

7	الخطوة 5: يتم تمرير المسبوكة من خلال درفيل لسحبها بعيداً عن القالب وضمان إستمرارية حركة المسبوكة وفي هذه الوحدة يمكن ضبط المسافة بين أي عجلتين وحسب حجم المنتج وكذلك يتم ضبط سرعة سحب المنتج من أجل سحبه بشكل مستقيم وتحسين الإنتاج ونوعية المنتج.
8	الخطوة 6: يمرر الشريط خلال ماكينة تفريز لإزالة طبقة الخبث من السطح وضبط السمك.
9	الخطوة 7: يتم قطع المسبوكة إلى الطول المحدد مسبقاً وهنا أما أن يتم لف المسبوكة وتقطع في حال إكتمال طول الملف أو تقطع إلى أطوال محددة وتبقى مستقيمة ويوضح الشكل (4-22) المنتج ذو المقطع المستطيل. **الشكل (4-22)**

4-8-4 السباكة المستمرة للشريط (Strip continuous casting):

السباكة المستمرة للشريط هي عملية إنتاج صفائح معدنية مباشرة من الحالة المنصهرة مما يقلل من الحاجة إلى معالجة ثانوية جوهرية، وقد أستخدمت العملية لسباكة أشرطة من الألمنيوم والمغنسيوم والفولاذ منخفض الكربون، وقد حققت العملية نجاحاً تجارياً. ويتم الحصول على الشريط عن طريق تطبيق الحمل على المسبوكة بواسطة الدرافيل.

تختلف تقنيات السباكة المستمرة للشريط بالإستناد إلى مجمل عوامل من خلالها يتم تحديد التقنية الملائمة وهذه العوامل موضحة كالآتي:

1- نوع السبيكة أو نوع المعدن المطلوب سباكته.
2- حجم الشريط أو الشريحة المطلوب إنتاجها.
3- توفر المساحات الأرضية الكافية لإنشاء الخط الإنتاجي.
4- حجم أو كمية الإنتاج.
5- رأس المال المطلوب إستثماره أو تكلفة الإعداد الأولي.

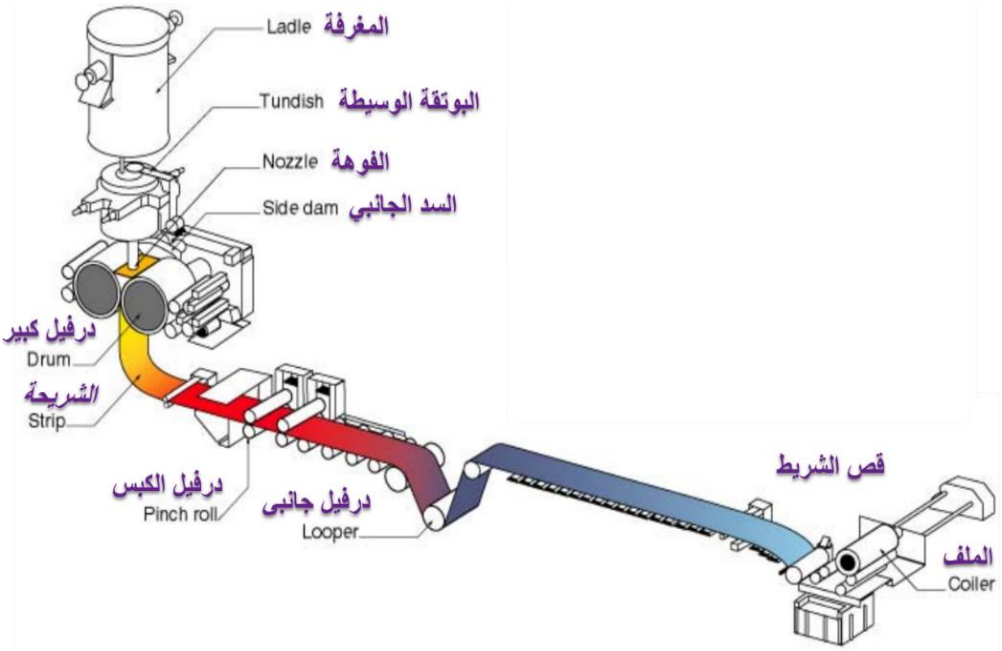
6- تكلفة الصيانة أو تكلفة العمل وما إلى ذلك.

مكونات ماكينة السباكة المستمرة للشريط:

يوضح الشكل (4-23) رسم توضيحي لماكينة السباكة المستمرة للشريط وتتكون الماكينة من الأجزاء الآتية: 1-المغرفة 2- البوتقة الوسطية 3- درفيل أسطواني كبير مع سد جانبي 4- درفيل كبس 5-درفيل جانبي 6- ماكينة قص الشريط 7- ماكينة اللف.

طريقة عمل ماكينة السباكة المستمرة للشريط المصنوع من الفولاذ:

يمكن تتبع طريقة عمل الماكينة من خلال ما موضح في الشكل (4-23) ، حيث يتم إنتاج شريط الفولاذ بطريقة السباكة المستمرة للشريط، ويتم نقل منصهر المعدن من المغرفة إلى البوتقة الوسطية، ومنها ينتقل عبر فتحة إلى درافيل اسطوانية ثنائية كبيرة الحجم مصنوعة من الفولاذ ومبردة بالماء من الداخل ومغلفة بطبقة من السيراميك من الخارج، لغرض التحكم في نقل الحرارة والتزييت، مع وجود سدود جانبية مصنوعة من السيراميك يتم تسخينها مسبقاً لمنع تكون قشرة فولاذية، وبنفس الوقت تمنع تسرب منصهر المعدن، بعد ذلك يمرر الشريط من خلال درافيل الكبس لضبط السمك والعرض، ثم يمرر الشريط عبر درفيل جانبي للتحكم بعملية الشد للمنتج اثناء حركته للمرحلة اللاحقة، وهي لف الشريط لحين الوصول إلى الطول المطلوب، حيث يقطع الشريط ويتم البدء بلف شريط اخر وهكذا تستمر العملية.



الشكل (4-23) يوضح مخطط لخط إنتاج الشريط المصنوع من الفولاذ

أسئلة الفصل الرابع

س1) أذكر المزايا الرئيسية للسباكة المستمرة؟

س2) ماهي القيود أو المحددات في عملية السباكة المستمرة؟

س3) أذكر تطبيقات السباكة المستمرة؟

س4) أذكر الخطوات العامة لعملية السباكة المستمرة؟

س5) عدد أنواع عملية السباكة المستمرة؟

س6) أذكر بإختصار مكونات ماكينات السباكة المستمرة المنحنية؟

س7) أذكر مميزات ماكينة السباكة المستمرة المنحنية؟

س8) إشرح بإختصار طريقة عمل ماكينة السباكة المستمرة المنحنية؟

س9) أرسم مخطط توضيحي لماكينة السباكة المستمرة العمودية مع تأشير الأجزاء التي تتكون منها؟

س10) ماهي مزايا ومحددات السباكة المستمرة العمودية؟

س11) عدد أنواع طرق السباكة المستمرة العمودية مع ذكر المكونات الرئيسية لكل نوع؟

س12) صف طريقة عمل ماكينة السباكة المستمرة العمودية ذات المصب النازل وأذكر أهم أجزاءها معززاً إجابتك بالرسم؟

س13) إشرح طريقة عمل ماكينة السباكة المستمرة العمودية ذات المصب الصاعد معززاً إجابتك بالرسم؟

س14) وضح طريقة عمل السباكة المستمرة الأفقية؟

س15) ماهي العوامل التي تحدد التقنية الملائمة في عملية السباكة المستمرة للشريط؟

س16) ماهي مكونات ماكينة السباكة المستمرة للشريط؟

س17) إشرح بإختصار طريقة عمل ماكينة السباكة المستمرة للشريط المصنوع من الفولاذ؟

س18) أذكر مزايا عملية التقشير المستخدمة في ماكينات السباكة الأفقية المستمرة لإنتاج البراص؟

س19) ماهي فوائد طريقة الدرفيل المزدوج المستخدمة في السباكة الأفقية المستمرة؟

س20) ماهي محددات طريقة الدرفيل المزدوج المستخدمة في السباكة الأفقية المستمرة؟

س21) صف بإختصار طريقة عمل ماكينة التقشير المستخدمة في السباكة المستمرة الأفقية؟

س22) صف آلية عمل عدة القطع الخاصة بماكينة التقشير المستخدمة في السباكة المستمرة الافقية؟

س23) أذكر المقاطع العرضية المنتجة بطريقة السباكة المستمرة؟

س24) علل مايأتي:

1- يستخدم نظام القوالب الهزازة لتحسين عملية السباكة المستمرة.

2- إستبدال ماكينات السباكة المستمرة المنحنية بدل الأفقية لإنتاج مقاطع من الفولاذ.

3-'يعد الغضروف المفصلي الأكثر أهمية في ماكينات السباكة المستمرة المنحنية.

4-'تعد عملية سرعة تبريد المسبوكة مهمة في السباكة المستمرة.

5-'تعد عملية التقشير مهمة في السباكة المستمرة الأفقية.

6- تفضل عملية التقشير على التشغيل بالمخرطة في ضبط أبعاد السيوكة المنتجة بطريقة السباكة المستمرة الأفقية.

7- يستخدم شريط وهمي في أنتاج المسبوكات بطريقة السباكة المستمرة العمودية.

8- يتم فصل الشريط الوهمي عن المسبوكة المنتجة بطريقة السباكة المستمرة العمودية.

9- تستخدم ماكينات التقشير في الخط الإنتاجي للسباكة المستمرة لقضبان النحاس والبراص.

10- تساهم عملية السباكة المستمرة في تخفيض التكاليف وتوفير وقت عملية السباكة مقارنة بعمليات السباكة الأخرى.

11- إن عملية السباكة المستمرة تقلل من احتمال وجود الخبث في المسبوكة.

12- إستبدال ماكينات السباكة المستمرة من النوع الرأسي كلياً إلى النوع المنحني.

13- إستبدال ماكينات السباكة المستمرة الأفقية بماكينات السباكة المستمرة المنحنية.

14- يكون إجراء تحسين تصميم المغرفة ضرورياً لضمان جودة الفولاذ.

س25) عرف مايأتي:

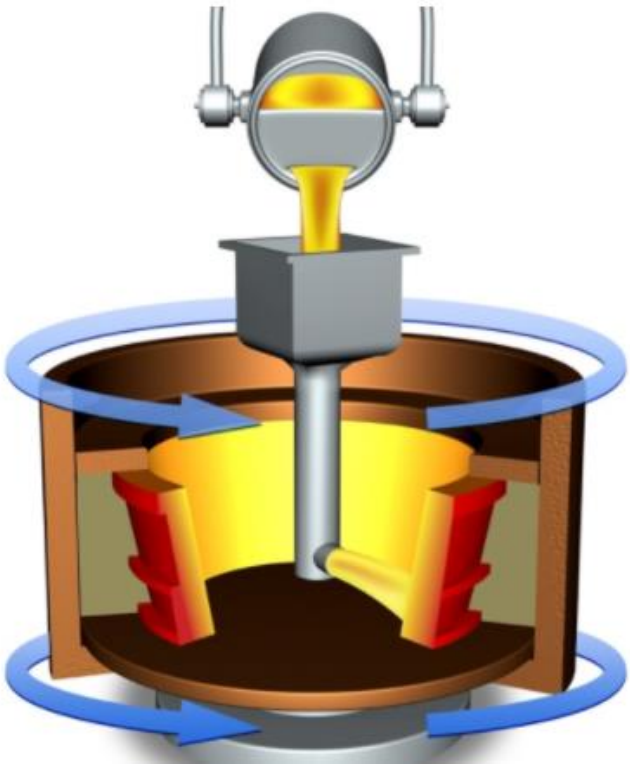
1-السباكة المستمرة 2-السباكة المستمرة المنحنية 3- البوتقة الوسطية 4- هزاز القالب 5- السباكة المستمرة للشريط 6-عدة القطع في ماكينة التقشير 7-عمر الكلل.

س26) ما إستخدام كل مما يأتي:

1-البوتقة 2- البوتقة الوسطية 3- ماكينة التقشير 4- الشريط الوهمي في السباكة المستمرة العمودية 5- المغرفة (ladle) 6- هزاز القالب 7- المادة العازلة المحيطة بجهاز التبلور 8- العجلات ذات الدرفيل المزدوج 9- هيدروكسيد المغنيسيوم الموجود على سطح الدرفيل في السباكة المستمرة الأفقية. 10- خطوط الإنتاج لماكينات السباكة المستمرة الأفقية 11- السباكة المستمرة المنحنية 12- مجموعة الدرافيل الإسطوانية كابسة في السباكة المستمرة المنحنية.

الفصل الخامس

تطبيقات السباكة بالطرد المركزي
(Applications of Centrifugal casting)



الأهداف

بعد الإنتهاء من دراسة الفصل الخامس سوف يكون الطالب قادراً على:

- تمييز أنواع سباكة الطرد المركزي.
- تعداد لتطبيقات سباكة الطرد المركزي الحقيقي.
- سباكة أنبوب من الفولاذ بطريقة الطرد المركزي الحقيقي الأفقي.
- التعرف على تطبيقات سباكة شبه الطرد المركزي.
- سباكة بكرة (Pulley) من حديد الزهر بواسطة شبه الطرد المركزي.
- التعرف على تطبيقات سباكة الطرد المركزي البعيد عن المركز.
- سباكة مجموعة من رؤوس بطارية السيارة بواسطة الطرد المركزي البعيد عن المركز.

1-5 أنواع السباكة بالطرد المركزي Centrifugal Casting Types

بالاعتماد على إســـم هذه الطريقة للســـباكة نلاحظ أنها تتم عن طريق قوة الدوران المؤثرة على المعدن المنصـــهر لملء تجاويف شـــكل القالب المراد صـــنع منتجه، تلك الطريقة تم اكتشـــافها لأول مرة بالقرن العشـــرين تحديداً عام 1918 م على يد العالم البرازيلي (Dimitri Sensaud). هنالك ثلاث أنواع من السباكة بالطرد المركزي وهي:

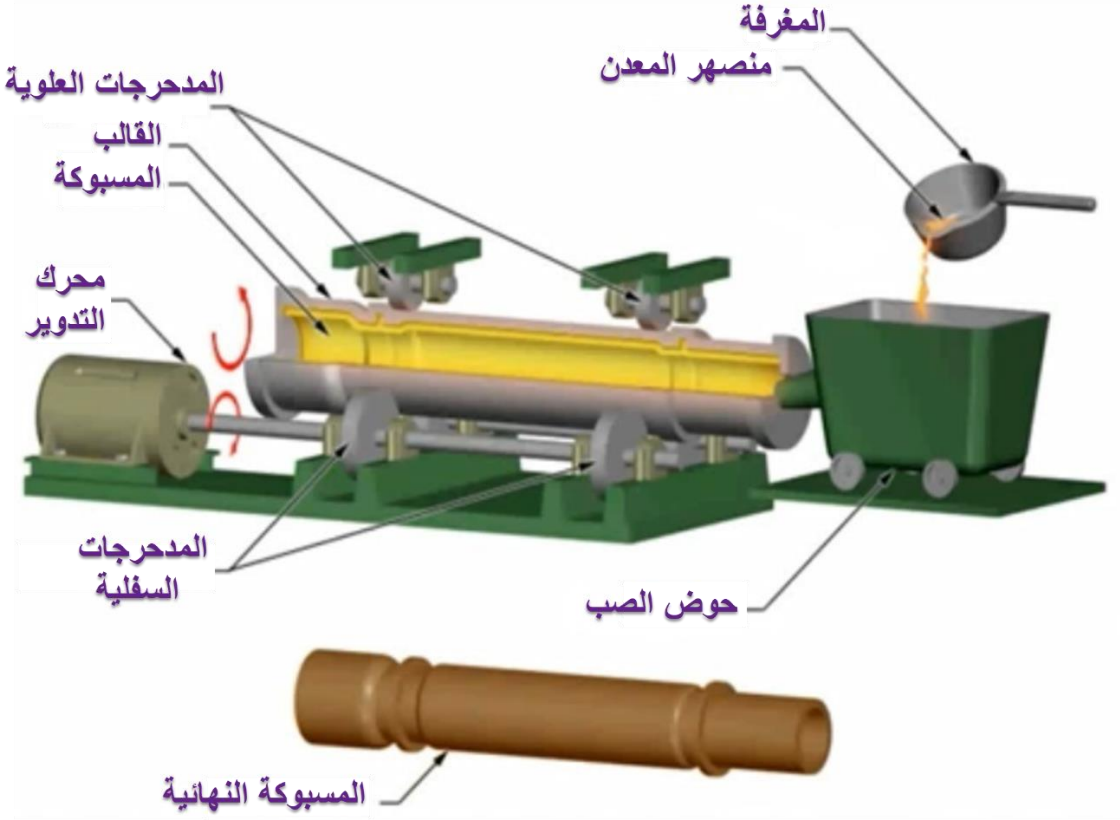
1- السباكة بالطرد المركزي الحقيقي True centrifugal Casting
2- سباكة شبه الطرد المركزي Semi-centrifugal Casting
3- السباكة بالتدوير Centrifuge Casting

2-5 السباكة بالطرد المركزي الحقيقي:

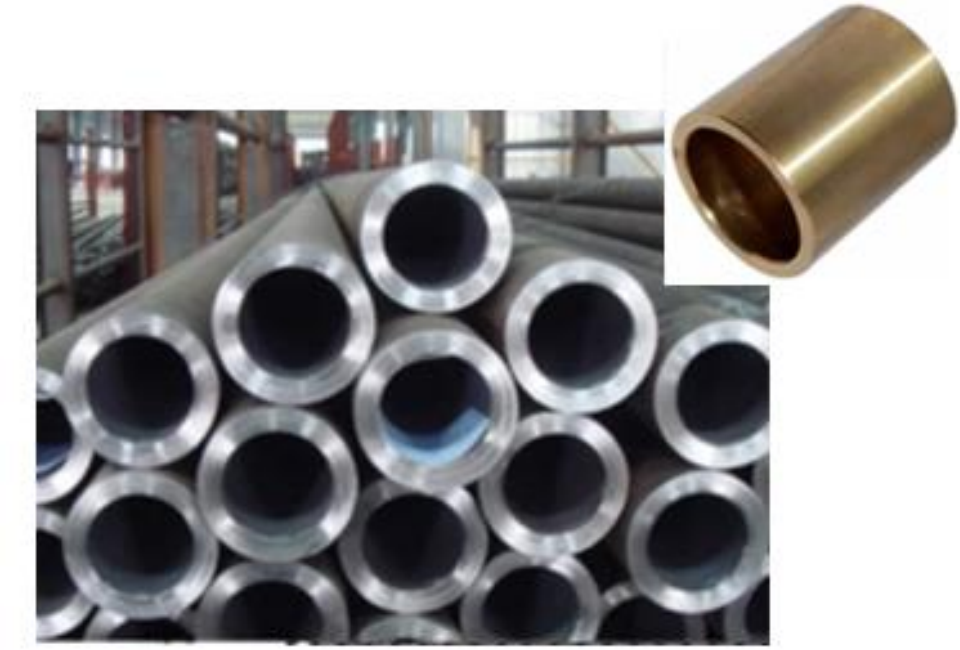
في هذه الألية، يصـــب المعدن المنصـــهر في قالب أســـطواني بصـــورة أفقية ولكن يمكن أن يكون عمودياً للقطع الصـغيرة. القوالب عادة تصـنع من الفولاذ أو الكرافيت (Graphite) وفي بعض الأحيان تغلف بطبقة مقاومة للحرارة لزيادة عمر القالب. يمكن تشكيل سطح القالب بأشكال معينة غير الأسطوانية وبذلك تكون إمكانية إنتاج أنابيب كبيرة وكما موضـح في الشـكل (5-1). السـطح الداخلي للأنبوب يبقى إسطواني لأن المعدن المنصـهر يوزع بشكل نظامي بواسطة قوة الطرد المركزي،وبسبب إختلاف كثافة العناصـر المكونة للمسـبوكة تميل العناصـر الخفيفة مثل الخبث والشـوائب إلى التجمع في السـطح الداخلي من المسـبوكة. يمكن سـباكة أجزاء إسـطوانية بمدى قطري يصـل إلى 3 m وبطول يصـل إلى 16 m وبسمك جدار يصل إلى 125 mm. تمتاز المسبوكات بالنوعية الجيدة ودقة في الأبعاد.

3-5 تطبيقات على السباكة بالطرد المركزي الحقيقي:

يعد هذا النوع من سباكة الطرد المركزي من اهم وأوسع الأنواع لما يُستخدم في سباكة كل الأجزاء الأسطوانية المجوفة مثل الأنابيب، فوهات الأسلحة، الجلبة (البوشة)، حلقة المحمل (حلقة البولبرن) اعمدة مصابيح الشوارع وغيرها، لاحظ الشكل (5-2).



الشكل (5-1) اجزاء ماكينة السباكة بالطرد المركزي الحقيقي



الشكل (5-2) بعض منتجات السباكة بالطرد المركزي الحقيقي

التطبيق الأول

سـباكة أنبوب من الفولاذ بالطرد المركزي بقطر خارجي (25 cm) وسـمك (1 cm) بماكينة ذات معامل طرد مركزي (GF) يساوي (80).

هدف التطبيق: بعد إنجاز هذا التمرين يكون الطالب قادرا على سـباكة أنبوب من الفولاذ بطريقة الطرد المركزي الحقيقي.

التسـهيلات التعليمية: فرن حراري / قطع من سـبائك الفولاذ / ملابس واقية / أدوات مناولة / محرار لقياس درجة الحرارة عن بعد / ماكينة طرد مركزي أفقية

خطوات العمل والصور التوضيحية:

1- نظف فرن الصهر جيدا ثم سخنه عند حوالي 200 ºC وسخنه عند حوالي 900 ºC لمدة ساعة.

2- أرفع درجة حرارة الفرن إلى 1560 ºC لصـهر قطع الفولاذ، ويعتمد على مقياس درجة الحرارة للتأكد من الدرجة المطلوبة الشكل (3-5) يوضح جهاز قياس درجة الحرارة عن بعد.

الشكل (3-5) جهاز لقياس درجة الحرارة عن بعد

3- ضـــع قطع الفولاذ داخل الفرن لتتم عملية الصـــهر وبعد اكتمال الصـــهر ينقل المنصـــهر إلى حوض الصب في الماكنة بواسطة المغرفة (Ladle) لاحظ الشكل (5-4).

الشكل (5-4) نقل منصر المعدن من الفرن إلى حوض الصب في ماكينة الطرد المركزي

4 - ضبط سرعة ماكينة الطرد المركزي الأفقية على سرعة دوران مناسبة باستخدام القانون التالي:

$$N = 42\sqrt[2]{\frac{GF}{D}}$$

حيث أن

N= السرعة الدورانية للماكينة وتقاس بـ (الدورة / الدقيقة) أو (rpm)

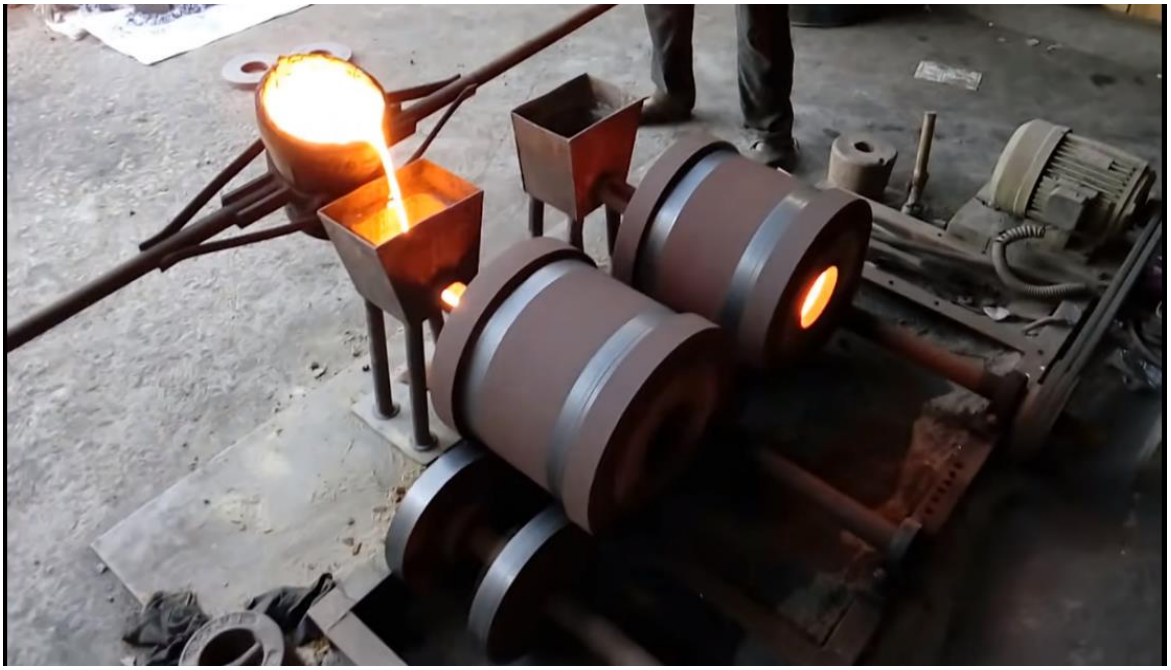
GF = معامل الطرد المركزي (بدون وحدات) = 80

D = القطر الخارجي للمسبوكة = 0.25 m = 25 cm

$$N = 42\sqrt[2]{\frac{80}{0.25}} = 42 \times 17.8 = 751\ rpm$$

ملاحظة: اذا كان عدد دورات القالب اقل من المقدار المستخرج من القانون سيؤثر سلبا بشكل كبير على جودة المسبوكة أما اذا كان اكبر فالتأثير لن يكون مضرا.

5- يصب المنصهر داخل حوض الصب والماكينة تدور بسرعة دوران 751 دورة / دقيقة ويترك إلى حين إنجماد المسبوكة (الأنبوب) داخل الماكنة، ويوضح الشكل (5-5) ماكينة الطرد المركزي الأفقية.



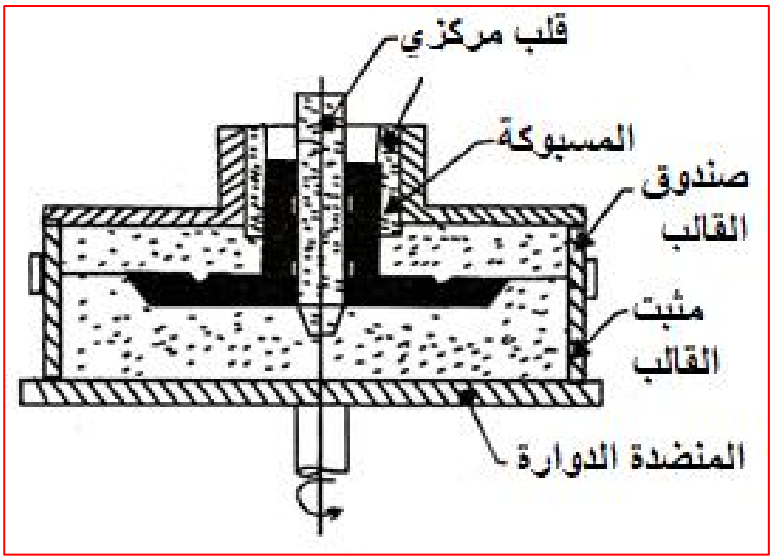
الشكل (5-5) ماكينة الطرد المركزي الأفقية أثناء صب منصهر المعدن في حوض الصب

6- بعد إنجماد المنصهر داخل الماكنة نستخرج المسبوكة التي على شكل الأنبوب ويترك فترة من الزمن قبل نقله إلى مكان الخزن أو لمعالجته حرارياً، ويوضح الشكل (5-6) صورة اللمسبوكة بعد الانتهاء من عمليات بعد السباكة.

الشكل 5-6 المنتج النهائي للمسبوكة (الانبوب)

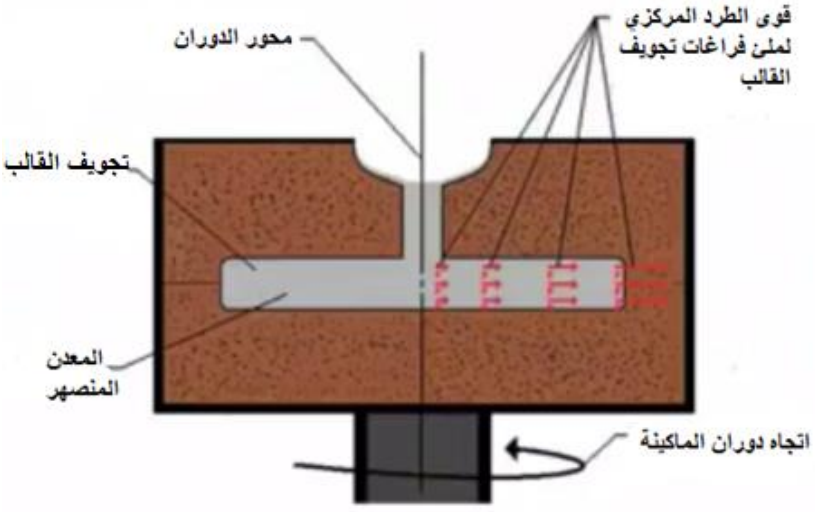
4-5 تطبيقات على سباكة شبه الطرد المركزي:

في هذا النوع من ســباكة الطرد المركزي يدور قالب الســبك حول المحور العمودي بصــورة تناظرية مستخدماً قوالب مركزية لتشكيل التجاويف الداخلية للمسبوكات لاحظ الشكل (5-7).



الشكل رقم 5-7 جهاز سباكة شبه الطرد المركزي والقالب المتناظر

لاحظ عزيزي الطالب أن سرعة دوران هذا النوع من السباكة أقل بكثير من سرعة دوران سباكة الطرد المركزي الحقيقي حيث تعمل ســرعة الدوران على تغذية وملء تجاويف القالب بمنصــهر المعدن كما مبين بالشكل (5-8).



الشكل (5-8) تأثير سرعة الدوران في ملء تجويف قالب السباكة بطريقة شبه الطرد المركزي

من أهم ما يميز هذا النوع من السباكة:

1- المسبوكة تكون خالية من المسامية الغازية وعيوب الفجوات المتنوعة.
2- لا حاجة في هذا النوع من تصـــميم مغذيات (Feeders) أو بوابات (Gates) لأن عملية الصـــب تكون مباشرة على القالب المصمم.
3- أبعاد المسبوكة تكون دقيقة إلى حد بعيد.

أما محددات هذه الطريقة فهي:

1- تحتاج إلى صيانة دائمة.
2- محدودية التصاميم (فقط للمنتوجات المتناظرة في المحور العمودي).
3- ليست صالحة لكل المعادن.
4- تحتاج إلى عامل ذات مهارة تشغيليه.
5- كلفتها عالية.

أهم تطبيقات هذا النوع من السباكة تكون المسبوكات ذات الأشكال الدائرية المتناظرة مثل العجلات والتروس والفوهات والبكرات الدوارة (Pulley) لاحظ الشكل (5-9).

الشكل (5-9) بعض من منتجات سباكة شبه الطرد المركزي

التطبيق الثاني

سباكة بكرة دوارة (pulley) من حديد الزهر يبلغ طولها (450 mm) وقطرها الخارجي (70 mm) وقطر تجويفها العلوي (30 mm) وقطر تجويفها السفلي (20 mm) بطريقة سباكة شبه الطرد المركزي.

هدف التطبيق: بعد إنجاز هذا التمرين يكون الطالب قادراً على سباكة بكرة دوارة بطريقة سباكة شبه الطرد المركزي مع معرفة كيفية حساب عدد دورات الماكينة.

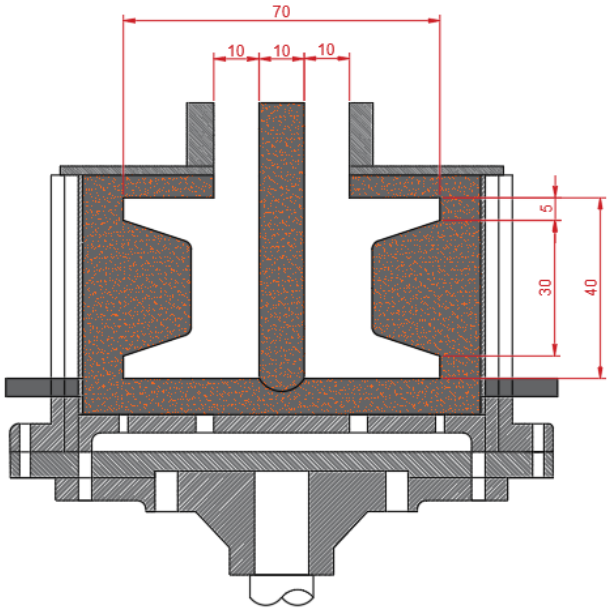
التسهيلات التعليمية: فرن حراري/ قطع من حديد الزهر/ ملابس واقية/ أدوات مناولة/ جهاز لقياس الحرارة عن بعد/ ماكينة سباكة شبه طرد مركزي

خطوات العمل والصور التوضيحية:

1- نظف فرن الصهر وارفع درجة حرارته كما في التطبيق الأول (فقرة 1+2)

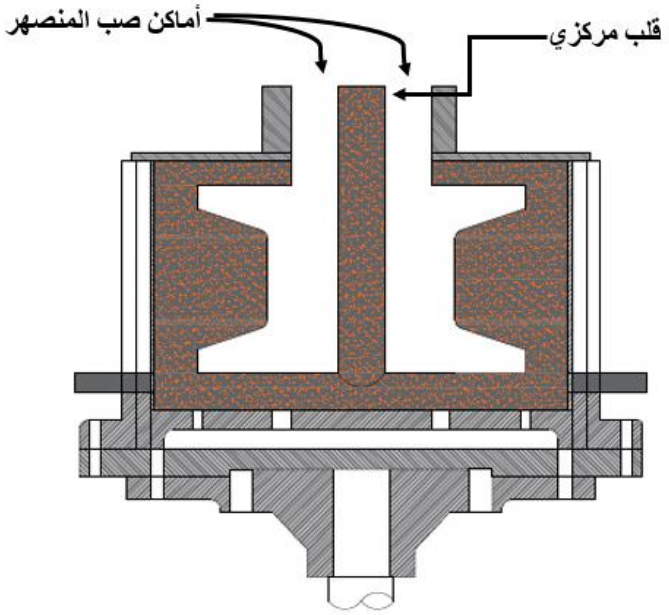
2- إبدأ بعملية صهر قطع حديد الزهر.

3- جهز قالب ماكينة السباكة حسب الشكل (5-10).



الشكل (5-10) قالب السباكة مع أبعاد البكرة الدوارة في القالب

مع ملاحظة وضع لب مركزي في وسط القالب لصنع تجويف المسبوكة على طول السبيكة عند صب المنصهر خلال مناطق الصب الرئيسية، وكما مبين بالشكل (5-11).



الشكل (5-11) مناطق صب المنصهر ومكان اللب المركزي لصنع التجويف في المسبوكة

4- إبدأ بتحضير الماكينة بعد تهيئة القالب وذلك بإختيار سرعة دوران مناسبة للعمل من خلال تطبيق القانون الآتي:

$$N = 42\sqrt{\frac{L}{R_t^2 - R_b^2}}$$

حيث أن

L= طول العينة = 450 mm = 0.45 m

R_t = قطر التجويف العلوي= 30 mm = 0.03 m

R_b = قطر التجويف السفلي= 20 mm = 0.02 m

$$N = 42\sqrt{\frac{0.45}{0.03^2 - 0.02^2}} = \sqrt{\frac{0.45}{0.0009 - 0.0004}} = 1260 \text{ rpm}$$

5- قم بنقل منصهر حديد الزهر بواسطة المغرفة وصب المنصهر على القالب مباشرة (حسب مواضع الصب التي بينت سابقاً في الخطوة 3).

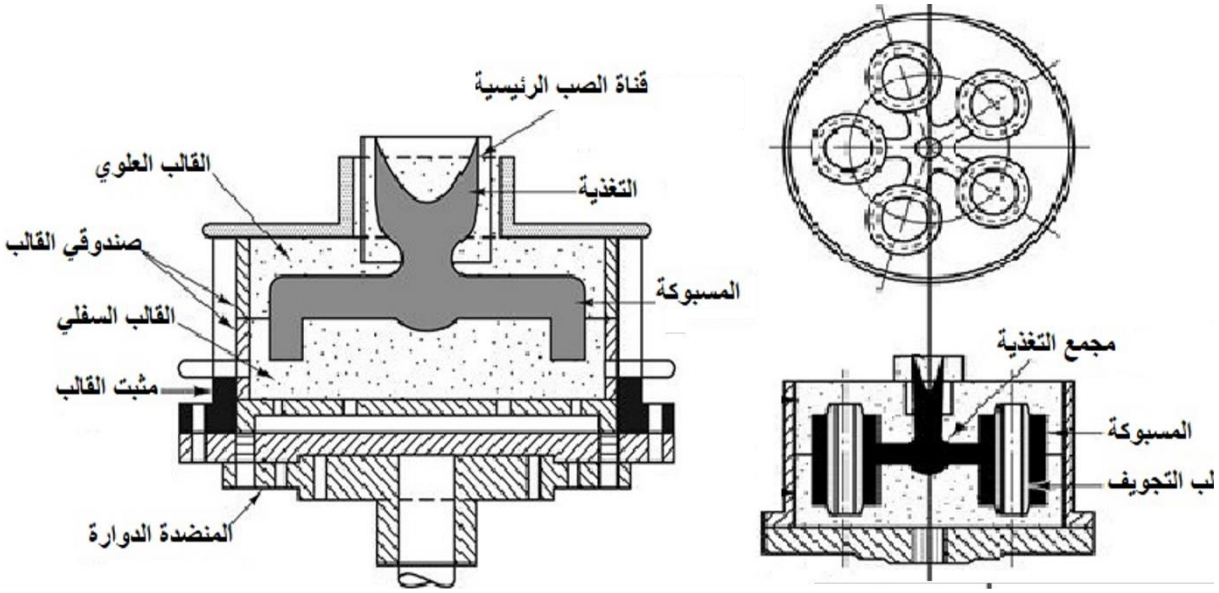
الشكل (5-12) صب منصهر المعدن على القالب من خلال قناة الصب المركزية

6- بعد التأكد من إمتلاء القالب بالمنصهر وذلك بسكب المنصهر ببطء في القالب أثناء دورانه نترك الماكينة تعمل بنفس سرعتها الدورانية لفترة من الوقت لحين إنجماد المنصهر وبعدها نستخرج المسبوكة من القالب ونزيل زوائد الصب من المسبوكة بعمليات تشغيلية مناسبة لتكون المسبوكة جاهزة لاحظ الشكل رقم (5-13).

الشكل (5-13) المنتج النهائي لمسبوكة بكرة دوارة بعد عمليات التشغيل المسبوكات

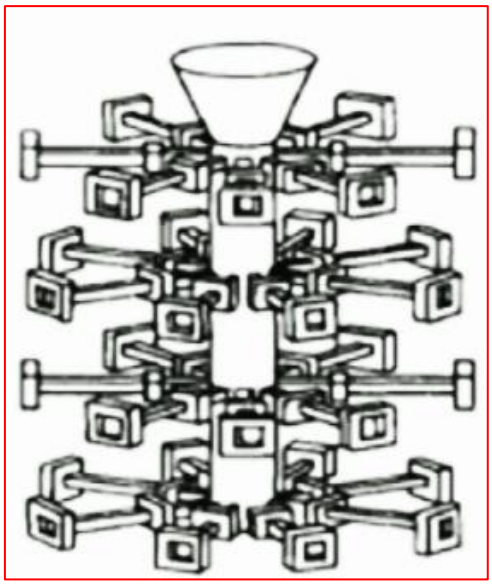
5-5 تطبيقات على سباكة الطرد المركزي البعيد عن المركز:

Centrifuge Casting Applications



الشكل (5-14) صورة توضيحية لقالب سباكة بالطرد المركزي البعيد عن المركز

الشكل 5-14 يوضح قالب لماكينة سباكة بالطرد المركزي البعيد عن المركز ويُعد هذا النوع من السباكة مشابه كثيراً لسباكة شبه الطرد المركزي إلا من ناحية شكل المسبوكات التي لا تشترط بالتماثل حول المحور الشاقولي لاحظ الشكل (5-15).



الشكل (5-15) قالب لماكينة طرد مركزي بعيد عن المركز غير متماثل حول المحور الشاقولي

يصمم القالب بأجزاء مجوفة حول محور الدوران (بقطر معلوم عن محور الدوران)، تكون صناعة القالب من المعدن أو السيراميك أو الرمل، حيث يصب منصهر المعدن في مركز القالب (قناة الصب الرئيسية) والذي سوف يتوزع على التجاويف الجانبية لمحور الدوران بسبب قوى الطرد المركزي. من منتجات هذا النوع من السباكة بدن الصمام (Valve Body)، السدادات (Plugs)، رؤوس بطاريات المركبات (Batteries Terminals)، والمجوهرات وغيرها من المسبوكات الصغيرة.

مميزات سباكة الطرد المركزي البعيد عن المركز:

1- دقة متناهية بالتشكيل.
2- كثافة عالية للمسبوكات.
3- كلفة التنظيف والمعايرة بعد السباكة تكون قليلة.
4- إقتصادية للمسبوكات التي تتطلب دقة عالية في الأبعاد.

محددات سباكة الطرد المركزي البعيد عن المركز:

1- لا تستخدم للمسبوكات الكبيرة.
2- كلفة تشكيل القالب مرتفعة بعض الشيء.
3- تتطلب عامل ذات مهارة صب جيدة.

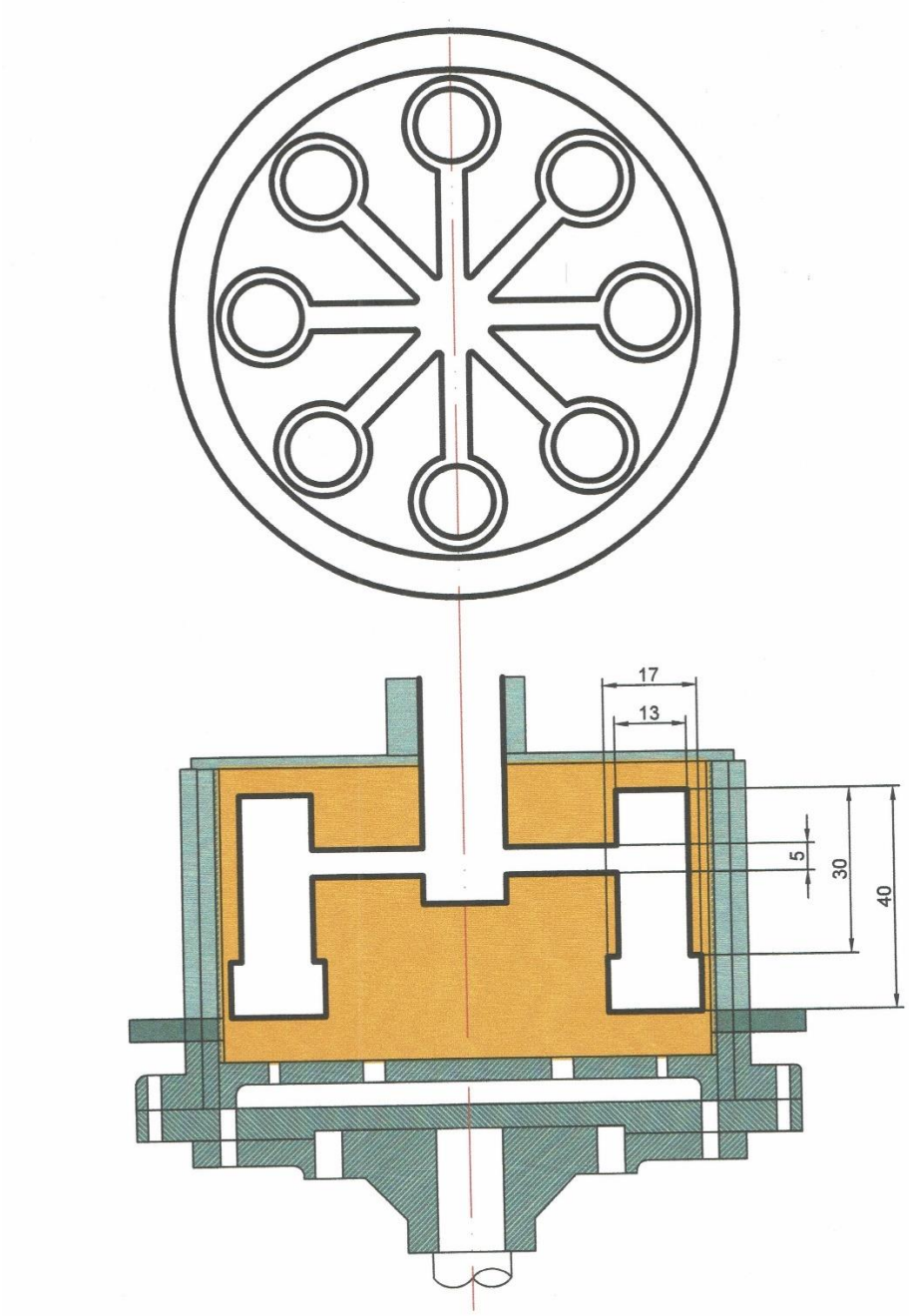
التطبيق الثالث

سباكة مجموعة من رؤوس بطاريات السيارة بقطر (13 mm) و (17 mm) وبطول (40 mm) من سبيكة الألمنيوم أو البراص بطريقة الطرد المركزي البعيد عن المركز.

هدف التطبيق: بعد إنجاز هذا التمرين يكون الطالب قادراً على سباكة رؤوس بطاريات السيارات مستخدماً قالباً مناسباً لذلك بطريقة الطرد المركزي البعيد عن المركز.

التسهيلات التعليمية: فرن حراري/ قطع من الألمنيوم أو البراص / ملابس واقية / أدوات مناولة / جهاز لقياس الحرارة عن بعد/ ماكينة سباكة طرد مركزي عامودية.

1- تهيئة قالب رملي لماكينة الطرد المركزي بعيد عن المركز حسب الرسم التالي:



الشكل (5-16) يوضح أبعاد القالب المستخدم لسباكة رؤوس البطاريات بطريقة الطرد المركزي البعيد عن المركز (الابعاد بالمليمتر)

حيث تكون قناة الصب الرئيسية بقطر 15 mm وقنوات التغذية الشعاعية بقطر 5 mm لضمان انسيابية المعدن داخل فجوات القالب.

2- جهز منصهر من سبيكة الألمنيوم أو البراص في فرن حراري كما تعلمت في الدراسة السابقة.

3- هيئ السرعة الدورانية لماكينة الطرد المركزي العمودية حسب المعادلة التالية:

$$N = 42\sqrt{\frac{L}{R_t^2 - R_b^2}}$$

حيث أن

0.04 m =40 mm = L

0.017 m = 17 mm = R_t

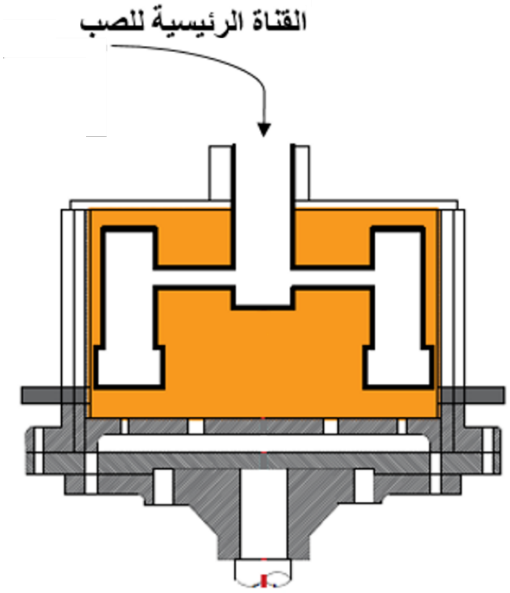
0.013 m = 13 mm = R_b

$$N = 42\sqrt{\frac{0.04}{0.017^2 - 0.013^2}} = 767\ rpm$$

4- أنقل منصهر المعدن من الفرن الحراري إلى قالب الماكينة مستخدماً المغرفة والكفوف الواقية.

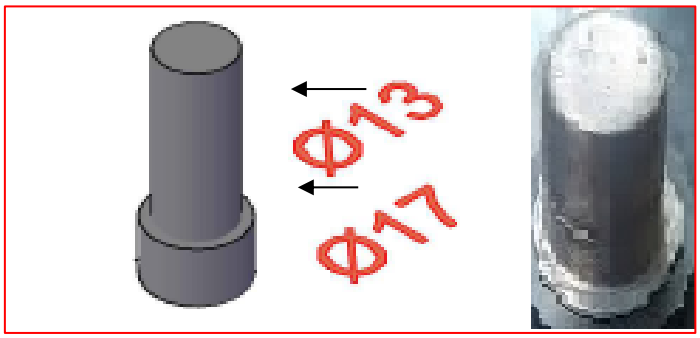
الشكل (5-17) آلية نقل منصهر المعدن من الفرن إلى ماكينة السباكة

5- قم بعملية صب المنصهر ببطء أثناء عمل الماكينة بالسرعة الدورانية التي حددت سابقاً في الفقرة (3) من خلال القناة الرئيسية للصب في القالب وإستمر بذلك لحين التأكد من ملء كامل القالب بالمنصهر.



الشكل (5-18) طريقة صب المنصهر في القناة الرئيسية للقالب

6- أترك الماكينة تعمل بنفس سرعتها الدورانية لفترة من الوقت لحين إنجماد المنصهر وبعدها نستخرج المسبوكة من القالب ونزيل زوائد الصب من المسبوكة بعمليات تشغيلية مناسبة لتكون المسبوكة جاهزة لاحظ الشكل (5-19).



الشكل (5-19) صورة المنتج النهائي لرأس بطارية سائلة بعد السبك

أسئلة الفصل الخامس

س1/ ناقش العبارة الآتية: " تعد السباكة بالطرد المركزي الحقيقي من أهم أنواع سباكة الأسطوانات المجوفة ".

س2/ كيف تفسر سبب أن سرعة دوران سباكة شبه الطرد المركزي أقل بكثير من سباكة الطرد المركزي الحقيقي؟ ولما نحتاج إلى سرعة قليلة في سباكة شبه الطرد المركزي؟

س3/ لو كان لديك مسبوكة بشكل معقد (غير متناظرة) وفرض عليك أن تستخدم احدى أنواع سباكة الطرد المركزي، فما هو أفضل نوع؟ ولماذا؟

س4/ ما هو الإختلاف بين قانوني سرعة الدوران لماكنتي طرد مركزي حقيقي وشبه طرد مركزي؟

س5/ السباكة بالطرد المركزي البعيد عن المركز يشابه كثيراً السباكة بشبه الطرد المركزي، فما هو وجه الاختلاف بينهما؟

س6/ عدد أهم مميزات ومحددات السباكة بشبه الطرد المركزي

س7/ (أثرائي)

ناقش العبارة الآتيه: في كل التطبيقات السابقة يتم صب المنصهر بصورة بطيئة أثناء دوران ماكينة السباكة بالطرد المركزي.

الفصل السادس
تطبيقات على فحوصات المسبوكات
(Applications For The Casting Tests)

أهداف الفصل

بعد الإنتهاء من دراسة الفصل السادس سوف يكون الطالب قادراً على:

- **يكتسب مهارة تمييز أنواع العيوب.**
- **التعرف على أنواع الفحوصات.**
- **إجراء الفحوصات وإيجاد العيوب الظاهرية والداخلية.**
- **تطبيق قواعد حماية البيئة وكيفية الإلتزام بها.**

1-6 ملخص عن أنواع العيوب Casting Defects Summary:

1. الزحف أو عدم التطابق Shift or Mismatch:

هو أحد عيوب السباكة الناتج بسبب زحف أو عدم تطابق النصفين العلوي والسفلي للقالب خلال الصب أو عدم وضع اللباب عند خط الفصل مما ينتج عنه عدم تطابق في خط المسبوكة كما في الشكل (6-1).

الشكل (6-1) يبين عيب عدم تطابق المسبوكة

2. الانتفاخ Swell:

هو تضخم يحصل في تجويف القالب بسبب ضغط المعدن المنصهر مما يؤدي إلى توسيع موقعي أو إنتفاخ في أكثر من موضع من جسم المسبوكة كما في الشكل (6-2).

الشكل (6-2) يبين عيب الانتفاخ في المسبوكة

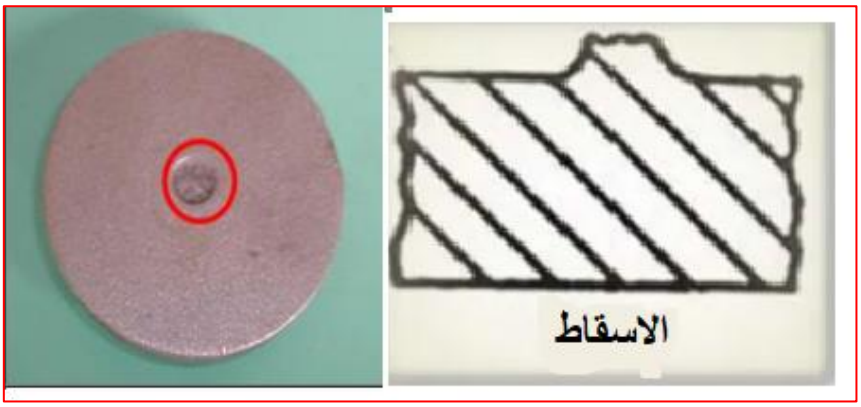
3. الثقوب Blowholes:

تحصل عندما تتجمع الغازات على سطح المصبوبة نتيجة لعملية الانجماد حيث تتشكل تجاويف كروية أو بيضوية تدعى بالثقوب المنتفخة. تتواجد هذه العيوب دائماً في الجزء العلوي من القالب فتكون أما ظاهرية وتدعى بالثقب المفتوح ويمكن الكشف عنها بالعين المجردة أو داخلية قريبة من السطح وتدعى بالثقب الغازي، حيث نحتاج إلى بعض الاختبارات لكشفها كما في الشكل (6-3).

الشكل (6-3) عيوب الثقوب الغازية في المسبوكات داخلية كانت أم ظاهرية

4. الإسقاط (Drop):

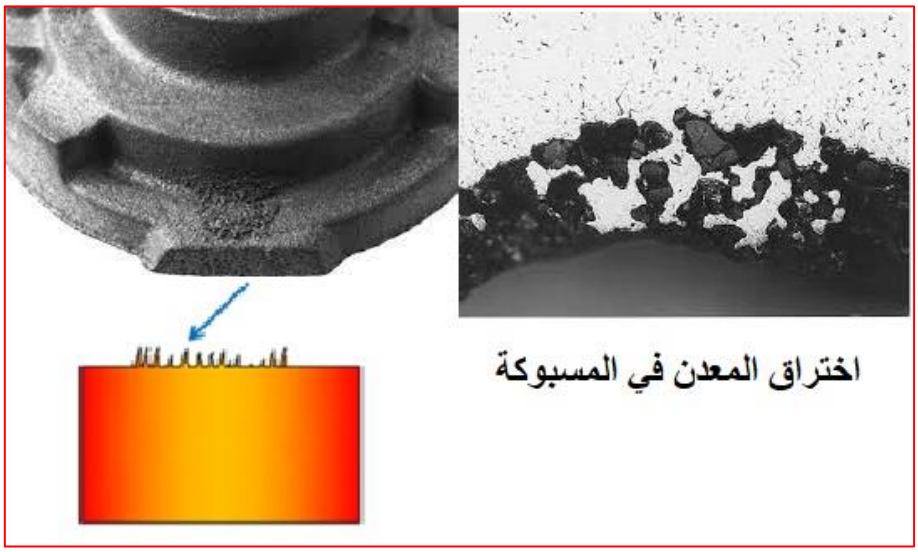
يحدث هذا العيب في المسبوكات نتيجة حصول تكسر في السطح العلوي لحبيبات الرمل وسقوط قطع الرمل داخل المعدن المنصهر كما في الشكل (6-4).



الشكل (6-4) عيب الإسقاط في المسبوكات وخاصة في السباكة الرملية

5. إختراق المعادن Metal Penetration:

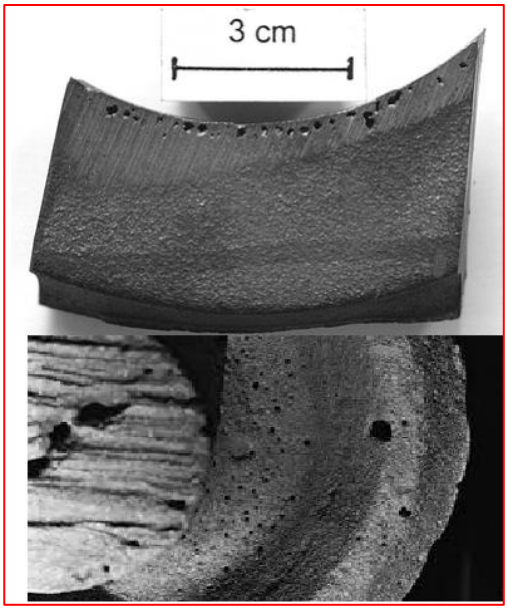
يظهر هذا العيب بشكل أسطح متفاوتة وخشنة على سطح المسبوكة عندما يكون حجم حبيبات الرمل كبير ويتغلغل منصهر المعدن ويتجمد مما ينتج عنة هذا العيب، وكما موضح في الشكل (6-5) .



الشكل (6-5) عيب إختراق المعدن في المسبوكة

6. المسامية الغازية (Gaseous porosity):

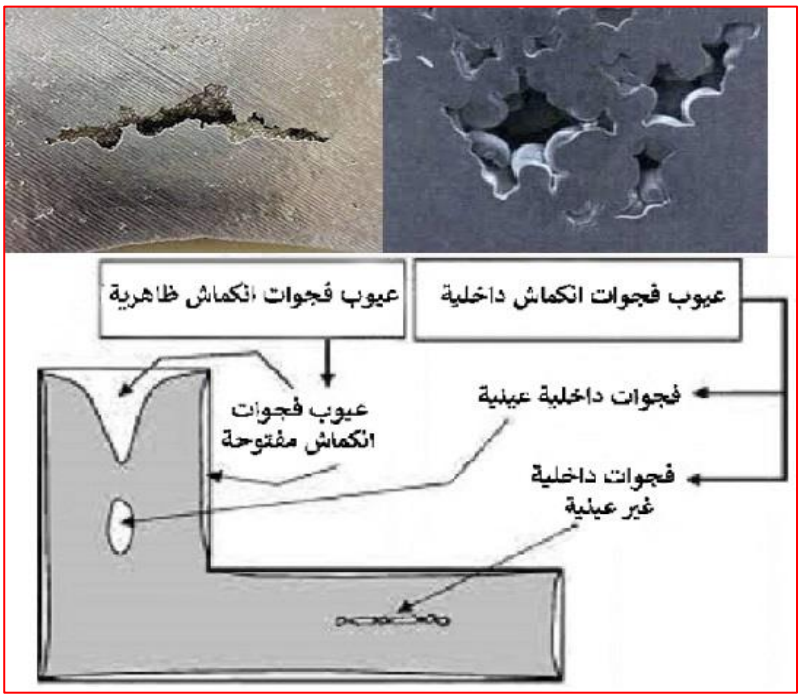
عبارة عن ثقوب صغيرة جداً تظهر على سطح أو داخل المسبوكة. تحدث هذه العيوب بسبب ذوبان غاز الهيدروجين في المعدن المنصهر، وخصوصا في منصهر الألمنيوم عندما يتم سكب المنصهر في تجاويف القالب ويبدأ بالإنجماد، فإن ذوبان غاز الهيدروجين سوف ينخفض ويبدأ بالهروب من منصهر المعدن تاركاً خلفه ثقوب تسمى المسامية الغازية وكما مبين بالشكل (6-6).



الشكل (6-6) عيب المسامية الغازية في المسبوكات

7. فجوات الإنكماش Shrinkage Cavities:

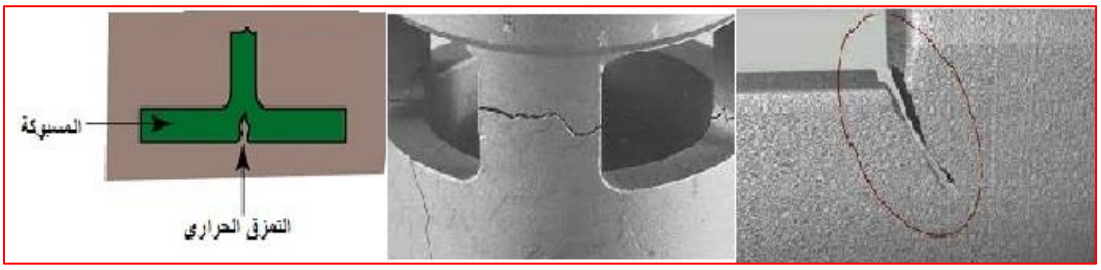
وهي عبارة عن عيوب فراغية في شكل المعدن المسبوك حيث تظهر هذه العيوب نتيجة للتقلصات الحجمية خلال عملية الصب كما مبين في الشكل (6-7).



الشكل (6-7) عيوب فجوات إنكماش المسبوكات

8. الشقوق الحرارية Hot Tears or Hot Cracks:

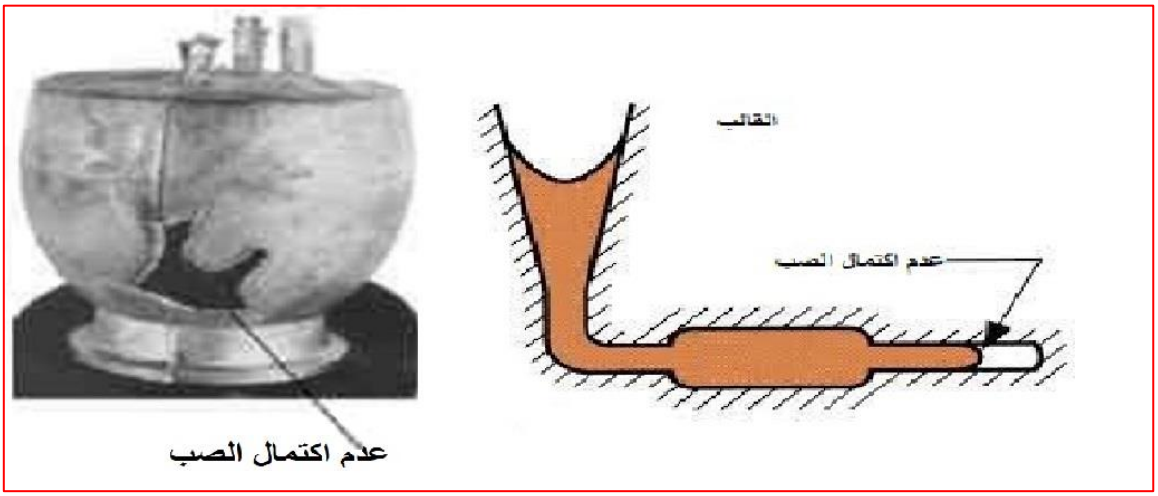
هي تشققات عشوائية تظهر في المسبوكات بعضها يكون ظاهريا والأخر غير ظاهري وتظهر هذه العيوب نتيجة إلى تقلص المعدن المنصهر أثناء تبريد المسبوكة عند عملية الانجماد، حيث تؤثر قوى الشد أثناء عملية الإنجماد على المعدن الساخن مما يؤدي إلى ظهور تشققات وعادة يكون هذا بسبب ضعف تصميم القالب كما مبين بالشكل (6-8).



الشكل (6-8) يوضح عيوب التشقق الحراري للمسبوكات

9. عدم اكتمال الصب Misrun:

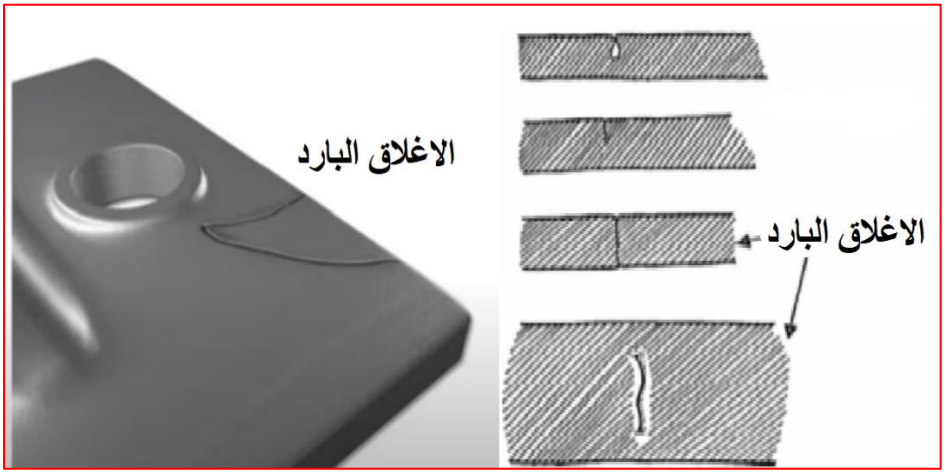
عندما يتجمد المعدن المنصهر قبل أن يكتمل ملء تجاويف القالب فإنه سوف يترك فراغ في القالب يسمى عدم إكتمال الصب (Misrun) كما في الشكل (6-9).



الشكل (6-9) عيب عدم اكتمال الصب في المسبوكات

10. الشقوق الباردة Cold shuts:

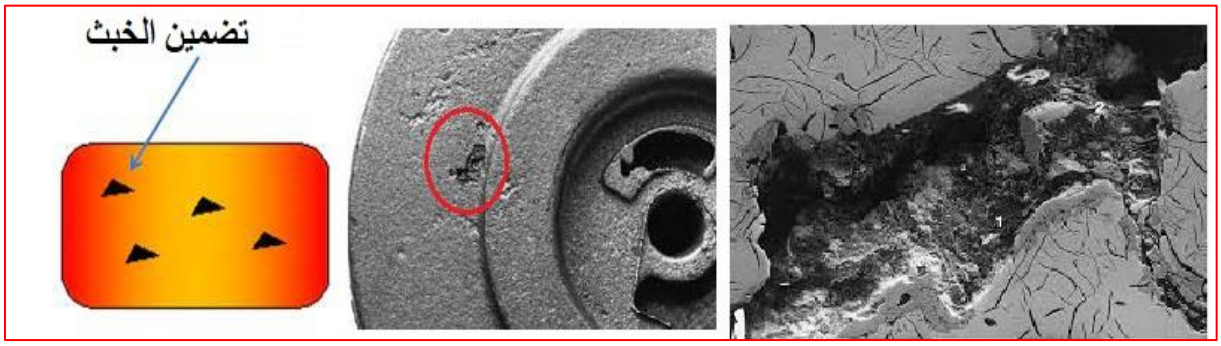
الشق البارد هو نوع من العيوب السطحية والتي يمكن ملاحظتها بشكل خط على السطح عندما يدخل المعدن المنصهر للقالب من خلال بوابتين (Gates) ويلتقي تياران من هذا المعدن في التقاطع (Junction) بدرجة حرارة منخفضة فإنهما لا يندمجان مع بعضهما البعض ومن ثم يتجمدان مخلفين ورائهما شق على البارد كما في الشكل (6-10).



الشكل (6-10) عيب الشق على البارد للمسبوكات

11. المتضمنات غير المعدنية (الخبث) Slag Inclusions:

هذه العيوب تحدث نتيجة إحتواء منصهر المعدن على حبيبات الخبث والتي دخلت في تجاويف القالب وأصبحت منجمدة، وكما موضح في الشكل (6-11).



الشكل (6-11) شكل عيوب ناتجة عن المتضمنات غير المعدنية

التطبيق الأول:

تطبيقات على عيوب المسبوكة الناتجة عن سباكة بكرة نقل (Pulley)، سباكة رملية وتحديد عيوب المسبوكة.

أهداف التطبيق:

بعد إنجاز التطبيق يكون الطالب قادرا على:

- تحديد مكان عيوب المسبوكة وتسمية العيب.
- معرفة أسباب تكون العيوب وكيفية تلافيها عملياً.

التسهيلات التعليمية:

1- نموذج لبكرة نقل (بلي)	2- سبيكة الخارصين أو الألمنيوم	3- رمل سباكة
4- رمل فصل	5- صندوق مقالبه من جزئين	6- مدكات مختلفة الاحجام
7- مسطرة تسوية	8- غربال خشن	9- غربال ناعم
10- رشاش ماء	11- سلك تنفيس	12- مالج
13- مصبات	14- ملعقة صقل	15- مادة رابطة
16- منضدة تسوية	17- أسطوانة غاز	

خطوات العمل والصور التوضيحية:

1- طبق تدابير السلامة المهنية.

2- غربل الرمل بالغربالين الخشن والناعم، كلا على حده، ثم رشه بالماء، لاحظ الشكل (6-12).

الشكل (6-12) عملية غربلة الرمل مع رشه بالماء قبل عملية البدء بعملية السباكة

3- ضع الجزء السفلي لصندوق المقالبة على منضدة العمل ضع نصف النموذج وسط الجزء السفلي، لاحظ الشكل (6-13).

الشكل (6-13) وضع نصف النموذج الأول في صندوق المقالبة السفلي

4- ضع الرمل الناعم أولاً على وجه النموذج ثم إملأه بالرمل الخشن.

5- دك الرمل جيداً بإستعمال المدكات ثم إستعمل المسطرة لتسوية سطح الرمل، لاحظ الشكل (6-14).

الشكل (6-14) دك الرمل في القالب وجعله متساوٍ بإستخدام المسطرة والمدكات

6- إقلب الجزء السفلي لصندوق المقالبة بحيث يظهر النموذج إلى الأعلى ورشه بالرمل الفاصل بطبقة خفيفة.

7- ضع الجزء العلوي لصندوق المقالبة فوق الجزء السفلي وأربطه بإحكام ثم ضع النصف الثاني للنموذج فوق النصف الأول وضع فوقه منظومة الصب في المكان المناسب، انظر الشكل (6-15).

الشكل (6-15) قلب الصندوق السفلي ووضع الصندوق العلوي للمقالبة مع منظومة الصب

8- كرر الخطوات (4-5) في الجزء العلوي لصندوق المقالبة.

9- إفتح حوض الصب للجزء العلوي وارفع منظومة الصب وارفع الجزء العلوي بعد فتح القفل وتنفي> فتحات التهوية بإستخدام سلك تنفيس.

10- أخرج نصفي النموذج من جزئي صندوق المقالبة، أنظر الشكل (6-16).

الشكل (6-16) قالب الرمل بعد إزالة نموذج القالب قبل عملية صب المنصهر

11- أعد ربط صندوقي المقالبة بإحكام.

12- إرفع غطاء الفرن وتأكد من إنصهار سبيكة الخارصين أو الألمنيوم المستخدمة، أزل الخبث من البودقة، ثم ارفع البودقة بملقط مناسب لها.

13- صب منصهر المعدن في القالب الرملي.

14- إفصل الصندوق العلوي عن السفلي وحطم القالب الرملي لإخراج المسبوكة، ونظف المسبوكة من الرمل العالق بها، ويوضح الشكل (6-17) المسبوكة بعد إزالة قالب الرمل.

15- إفحص المسبوكة وأدرج كل العيوب التي تلاحظها وكيف تتجنبها.

الشكل (6-17) المسبوكة بعد إزالة قالب الرمل من المنصهر بعد إنجماده

2-6 تطبيقات على الفحص البصري Applications for Visual Inspection

الفحص البصـري هو الطريقة الأكثر اسـتخداماً بين طرائق الإختبار اللاإتلافية. مقارنة مع معدات القياس والتصوير المتقدمة، يمكن التحقق من الجودة في المنتوج وبصورة سريعة ومنسقة وأثناء الفحص البصري، وتوجد بعض الخصائص الشائعة المراد الكشف عنها في الفحص وتشمل: التآكل، والشقوق، وعيوب السطح، .....الخ.

التطبيق الثاني:

تطبيقات على الفحص البصري (فحص بصري لعينة مسبوكة بطريقة السباكة الرملية (بكرة نقل).

أهداف التطبيق:

بعد إنجاز التطبيق يكون الطالب قادراً على:

- مشاهدة عيوب المسبوك بالعين المجردة.
- تدريب الطالب على معرفة بعض العيوب البصرية الواضحة مثل الإلتواء والانكماش والتقلص.

التسهيلات التعليمية:

عينة من المسبوكة (بكرة نقل)، قفازات، صندوق عدة.

خطوات العمل / النقاط الحاكمة /الصور التوضيحية:

1- أخرج المسبوكة من الفرن وتبريدها وابدأ عليها عمليات التنظيف بصورة تامة.
2- إبدأ بفحص المسبوكة ومشاهدة العيب أو عدمه. كما في الشكل (6-18).
3- تحديد أماكن العيوب في حالة وجودها.

الشكل (6-18) يمثل الفحص البصري للمسبوكة

هنالك العديد من العيوب تكون واضحة ويمكن ملاحظتها بالعين المجردة كالشقوق وفجوات التقلص والانتفاخات والتشوهات وغير ذلك من العيوب الأخرى الكثيرة.

3-6 تطبيقات على قياس الأبعاد Applications for Dimensional Measurements:

تشمل على تحديد أبعاد عينة مسبوكة بأدوات القياس ويتضمن قياس أبعاد المسبوكة ومبادئ إستعمال أدوات القياس وكيفية استخدامها ووقتها، ومحددات قياس الارتفاع والعمق ومحددات قياس الأقطار الخارجية والداخلية والقوالب،...الخ، من الأدوات التي يمكن استخدامها في حالة المسبوكات بنفس الطريقة التي تستخدم في عمليات التركيب والفحص والقياس، ويوضح الشكل (6-19) مجموعة من أدوات القياس.

الشكل (6-19) يمثل مجموعة من أدوات القياس

التطبيق الثالث: تطبيقات على قياس الأبعاد.

أهداف التطبيق:

بعد إنجاز التطبيق يكون الطالب قادراً على:

إستخدام عدد القياس لتدقيق أبعاد المسبوكات لمعرفة مدى صلاحية المنتج من عدمه.

التسهيلات التعليمية:

عينة من المسبوكة، قفازات، صندوق عدة (فيرنية، ميكروميتر، مساطر وغيرها)، ميزان دقيق.

خطوات العمل:

1- إستعمل عينة فحص لمسبوكة تمت إزالة الزيادات منها وتنظيفها بشكل تام من الرمل.

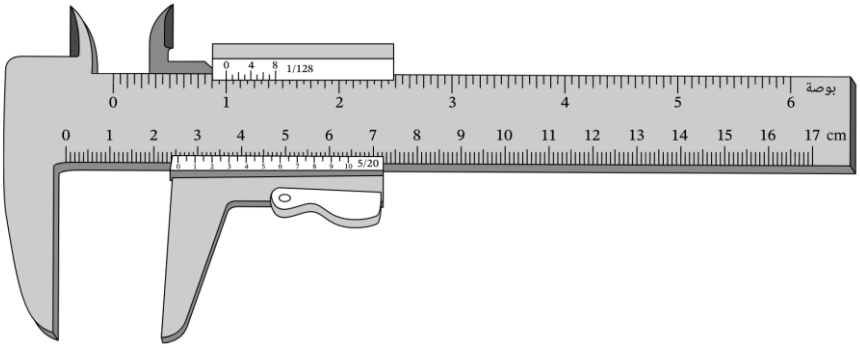
2- نظراً لوجود سماحات تشغيل تستخدم أدوات قياس مناسبة ومتوسطة الدقة، حيث لا نحتاج الى دقة قياس عالية، ويمكن إستخدام الفيرنية لإجراء التقييس، وكما موضح في الشكل 6-20.

3- قياس أبعاد المسبوكة ومطابقتها مع المخطط التفصيلي للمنتج.

4- التأكد من تضمين سماحات التشغيل من خلال مطابقة الأبعاد المثبتة في المخطط مع الأبعاد التي تم قياسها في المسبوكة.

5- إســـتخدام ميزان دقيق، وكما موضـــح في الشـــكل (6-21) الذي يمثل ميزان الكتروني دقيق موديل (EK-30KL) يزن لغاية 30 كيلوغرام، ودقة وزن تصـــل الى 0.1 غرام ، لمعرفة قيمة الكتلة الفعلية الفعلية للمسبوكة (بالكيلوغرام) ومقارنة ذلك مع الحساب النظري لكتلتها، وفي حالة وجود فروقات كبيرة فإن ذلك مؤشـــر على وجود عيوب داخلية، أما إذا كان الفرق قليل وضـــمن الســـماحات المقبولة، فإنه يدل على خلو المسبوكة من العيوب، حيث تحسب الكتلة بالمعادلة الآتية:

كتلة المسبوكة = الكثافة x الحجم (مقاسة بالكيلوغرام).



الشكل رقم (6-20) يوضح إحدى أدوات القياس (الفيرنية)

الشكل (6-21) يمثل ميزان دقيق

4-6 تطبيقات على الفحوصات الإتلافية: Destructive Tests Applications

الإختبارات الإتلافية (إختبار الصلادة واختبار الشد):

يمكن تسمية الاختبارات الميكانيكية للمسبوكات بالاختبارات الإتلافية (تتلف القطعة بعد الإختبار) والتي لا يمكن إستخدام المسبوكة بعدها أما في حالة إستخدام الفحوصات اللاإتلافية (لا تتلف القطعة بعد الإختبار) والتي يمكن إستخدام المسبوكة بعد إجراء الإختبارعليها.

والغرض من الاختبارات الميكانيكية التأكد من مطابقة المسبوكة للمواصفات الموضوعة من قبل المصمم وذلك بعمل عينات قياسية لإجراء الإختبارات المختلفة للتأكد من مطابقتها لمواصفات الخواص الميكانيكية وتجرى الإختبارات الخاصة بمقاومة الشد والإنحناء والكلل واختبار الصدمات والخواص الأخرى تبعاً للمواصفات العالمية.

أولاً – إختبار الصلادة:

تعرف الصلادة بأنها مدى مقاومة المعدن للتغلغل والخدش .

ويمكن قياس الصلادة بعدة طرائق وهي:

1- اختبار برينل Brinell hardness Test

2- اختبار فيكرز Vickers Hardness Test

3- اختبار روكويل Rockwell Hardness Test

التطبيق الرابع:

أولاً: اختبار الصلادة لعدة عينات مسبوكة باستخدام طريقة برينل.

أهداف التطبيق:

بعد إنجاز التطبيق يكون الطالب قادراً على:

- ترتيب المسبوكات طبقا لدرجات صلادتها.
- بيان مدى تأثير طريقة السباكة على خواص المسبوكة.

التسهيلات التعليمية:

مجموعة عينات من المسبوكة (قطع الإختبار)، جهاز برينل لقياس الصلادة، فيرنية.

خطوات العمل:

1- يجرى الاختبار في درجة الحرارة الغرفة ويكون ذلك بوضع قطعة الاختبار على مرتكز صلب ثابت حتى لاتحدث إزاحة أثناء إجراء الإختبار.

2- نضع العينة على قاعدة الرفع الخاص بالجهاز الاختبار كما في الشكل (6-22).

الشكل (6-22) جهاز اختبار صلادة برينل

3 - يسلط حمل على العينة حسب نوع معدن العينة ويقاس هذا الحمل بـ(كغم) حيث تتراوح أحمال هذا النوع من اختبار الصلادة ما بين 10 kg لغاية 3000 kg إعتماداً على قطر الكرة الفولاذية والمعدن المطلوب فحصة.

4- يترك هذا الحمل مؤثراً على قطعة الإختبار فترة لا تقل عن 30 sec. .

5- يزال الحمل المسلط على عينة الاختبار ويقاس قطر الأثر بالفيرنية.

6- إستخدم القانون الآتي لإستخراج قيمة صلادة العينة.

$$BHN=\frac{2P}{\pi D(D-\sqrt{D^2-d^2})}$$

حيث أن

BHN= مقدار صلادة برينل مقاسه بـ (kg/mm^2)

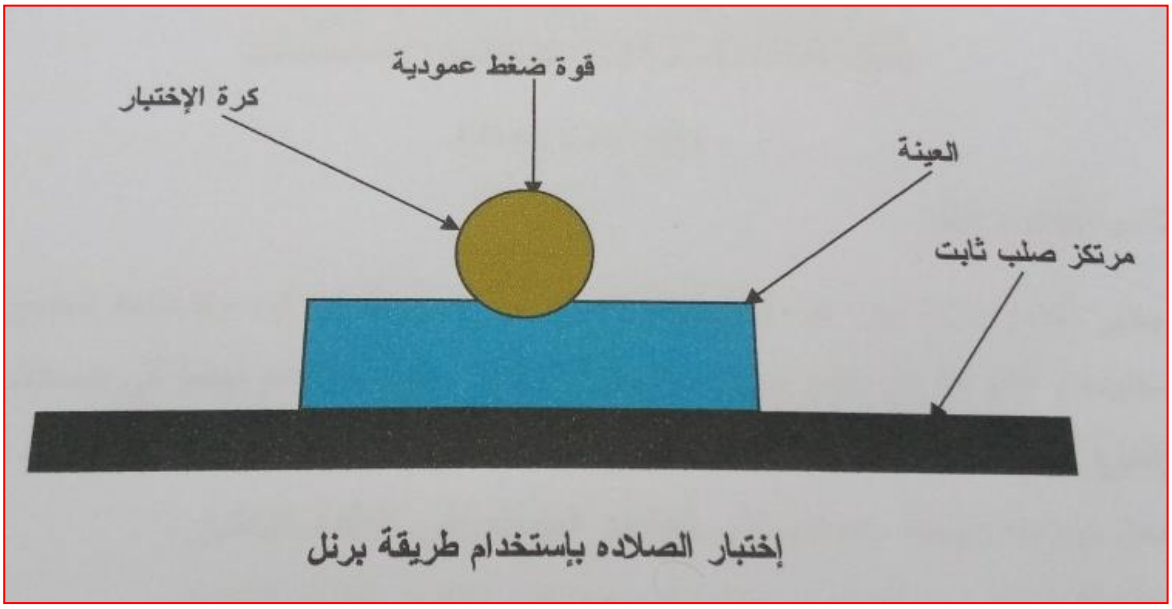
P= مقدار الحمل المسلط ويقاس بـ (kg)

π = 3.14

D = قطر كرة التغلغل (10 mm)

d= قطر الأثر ويقاس بـ (mm)

عند إستخراج قيمة الصلادة لعينة الإختبار يجب كتابة (قطر كرة التغلغل/ الحمل المسلط) بعد القيمة مباشرة مثلاً عندما نجد القيمة التالية 150 HB (3000/10) مباشرة نعرف بأن الحمل المسلط هو 3000 kg وقطر كرة التغلغل 10 mm ومقدار صلادة برينل للعينة هو $150\ kg/mm^2$. لاحظ الشكل (6-23) الذي يبين طريقة عمل إختبار صلادة برينل.



الشكل رقم (6-23) إختبار الصلادة بطريقة برينل

7- خذ أكثر من اختبار على القطعة الواحدة وإحسب متوسط النتائج وذلك كلما سمحت مساحة قطعة الاختبار بذلك.

ثانياً: إختبار الشد

يعد إختبار الشـــد من أهم الاختبارات الميكانيكية أو الفحوصـــات الإتلافية لأنه يبين مقاومة العينة لقوى الشـد وللحصـول على معلومات متنوعة عن الخواص الميكانيكية للمادة – كما يسـتخدم أيضـاً في

ضـبط جودة الإنتاج – ويجري اختبار الشـد بتحميل قطعة الاختبار بحمل شـد محوري بشـرط أن يكون الحمل موزعاً توزيعاً متساوياً على المقطع المستعرض لقطعة الإختبار.

ويبدأ هذا الحمل من الصفر ويزداد تدريجيا حتى تنكسر قطعة الاختبار.

التطبيق الخامس: إختبار الشد (قضبان التسليح).

أهداف التطبيق:

بعد إنجاز التطبيق يكون الطالب قادراً على:

- أجراء إختبار الشد حسب الإرشادات الخاصة بماكينة فحص الشد.
- قراءة منحنيات إختبار الشد.
- تعيين مقاومة الشد للمعدن.
- شكل سلوك المادة تحت تأثير الحمل
- دراسة الكسر في العينة.

التسهيلات التعليمية:

قضبان تسليح، فيرنية، جهاز فحص الشد.

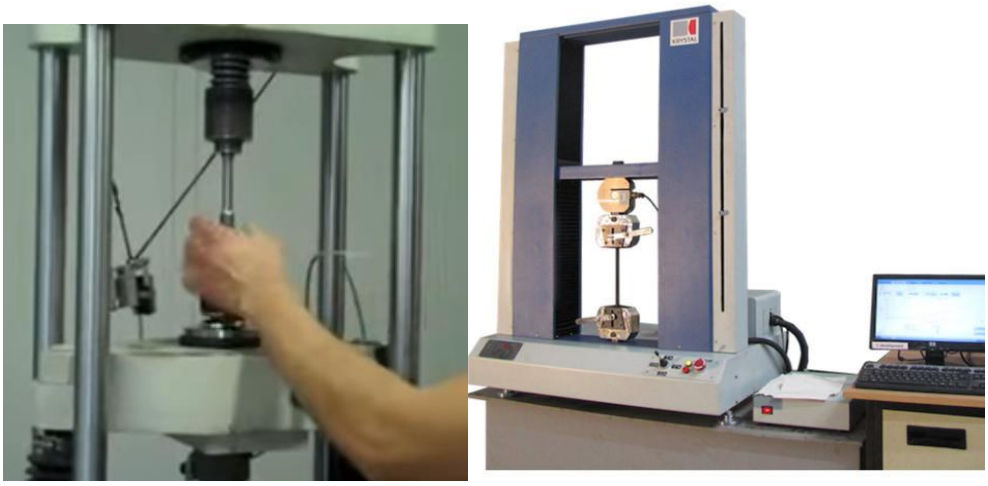
خطوات العمل:

1- إفحص العينة عينياً ومعرفة خلوها من العيوب أو الخدوش أو الشـــروخ أو الحزوز وأن تكون ذو مقطع منتظم على طول البعد القياسي للعينة.

2- قم بقياس مساحة المقطع العرضي للعينة والذي يكون على شكل دائرة مستخدما قانون مساحة الدائرة قبل الاختبار

3- قم بقياس طول العينة قبل الاختبار والذي يعتبر الطول الأصلي للعينة (L_o).

4- اربط العينة بالجهاز بأحكام وتأكد من ثبات فكوك التثبيت للحصـول على نتائج دقيقة، كما في الشـكل (24-6).



الشكل رقم (6-24) يوضح جهاز اختبار الشد مع فكوك التثبيت

5- صفر مقياس الإستطالة ثم ركبه على العينة، ثم صفر عداد قياس الإنفعال بعد ذلك.

6- إبدأ الإختبار بتحميل العينة تدريجيا.

7- لاحظ الإختبار عن قرب حيث تبدأ العينة بالتخصر، وكما موضح في الشكل (6-25).

8- يستمر الإختبار حتى تنكسر العينة، وكما موضح في الشكل (6-26).

الشكل (6-25) يوضح تخصر عينة الشد

الشكل (6-26) كسر (فشل) عينة الشد

9- توجد بعض الماكينات الحديثة تعطي نتائج الاختبار تلقائيا بعد الكسر.

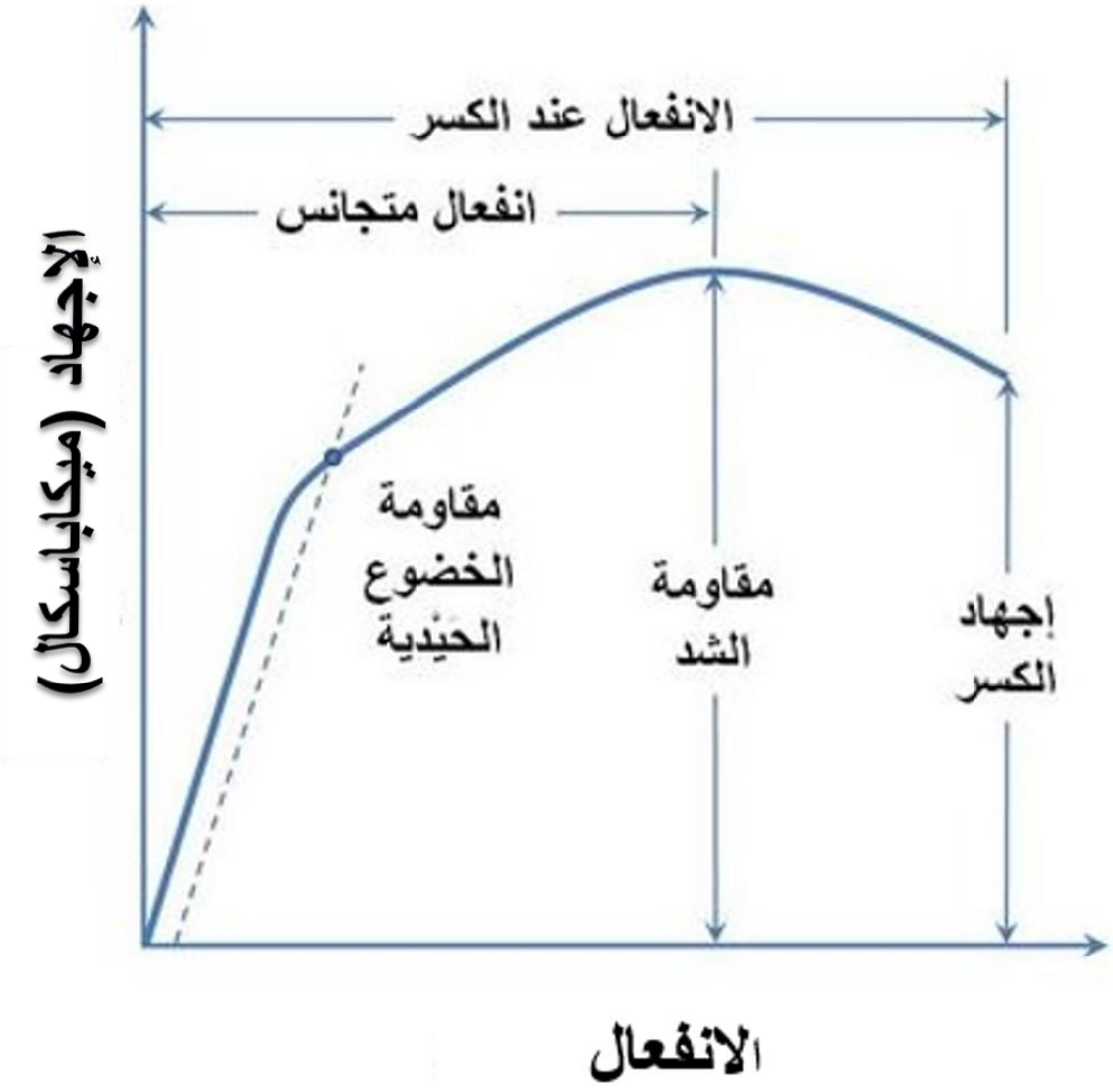
10- يســـتمر قياس العينة بعد الإختبار وذلك لمعرفة النتائج. ولكن الأهم هو معرفة قيم الحمل المســـلط والإستطالة مرسومين رسماً بيانياً، بعدها يتم حساب خواص الشد من منحني الحمل والإستطالة.

الإجهاد: (الحمل / مساحة المقطع الأصلي).

الانفعال: (الاستطالة /الطول الأصلي للعينة).

إستناداً الى النتائج التي يتم الحصول عليها من إختبار الشد، يمكن رسم منحني الإجهاد-الانفعال، وكما موضح في الشكل (6-27).

مقاومة الشد: هي أعلى قيمة للإجهاد في منحني الإجهاد والإنفعال.



الشكل (6-27) يوضح منحنى الإجهاد-الإنفعال للعينة التي تم إختبارها

5-6 تطبيقات على الفحوصات اللاإتلافية:

Applications on Destructive Tests

هو نوع من أنواع الإختبارات يستخدم في تحليل أسباب فشل المنتجات أو من أجل منع حدوث فشلها وذلك بإجراء الإختبارات على القطعة دون إتلافها أو إلحاق أضرار بها.

1-5-6 الفحص بالصبغة المتغلغلة (Dye Penetrant Solution):

هو نوع من أنواع الإختبارات اللاإتلافية يستخدم للكشف عن العيوب السطحية (Surface defects) للمواد المختلفة من شروخ أو تصدعات وهذا الإختبار صالح لجميع المواد ما عدا المواد ذات الأسطح الحبيبية أو المسامية لأن هذا الإختبار قائم على الخاصية الشعرية للسوائل، يتم هذا الاختبار بإضافة مادة نفاذة على سطح المسبوكة وتترك لفترة من الزمن ثم تزال ويتم الكشف عن أثر المادة النفاذة المتبقي على سطح العينة و نلجأ إلى هذا الإختبار للكشف عن العيوب السطحية التي لا يمكن للعين المجردة إكتشافها لاحظ الشكل (6-28).

الشكل (6-28) إختبار الفحص بالصبغة المتغلغلة

2-5-6 الفحص المجهري للبنى المعدنية (Microstructure Test):

التطبيق السادس: الفحص المجهري لمسبوكة معدنية (الفولاذ).

أهداف التطبيق:

بعد إنجاز التطبيق يكون الطالب قادراً على:

- التعرف على شكل البنية المجهرية لعينات المعادن المختلفة.

التسهيلات التعليمية:

عينات من المسبوكات أو من مجموعة معادن مختلفة وأوراق تنعيم وقماش صقل ومجهر ضوئي.

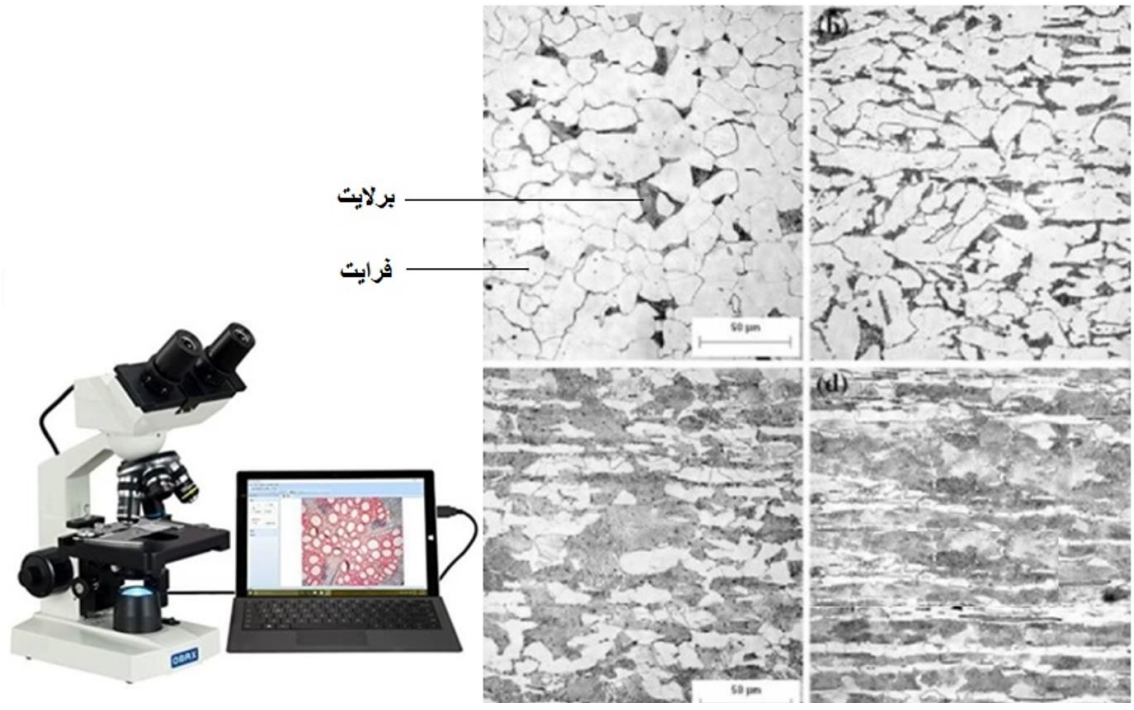
خطوات العمل:

1- بعد تهيئة العينة نبدأ عليها عملية التجليخ بواســـطة ورق تنعيم وتبدأ من (1000-800-600-400-320-220-120) ويتم صقلها لاحقا باستخدام محلول الالومينا وقماش صقل.

2- تستخدم محلول إظهار (HNO_3 2-5%) لمعدن الفولاذ .

3- وضــع العينة تحت المجهر وبحيث يكون مصــدر الضــوء عموديا على الســطح فينعكس الضــوء من العينة.

4- سـنلاحظ مناطق براقة ومناطق داكنة لذلك يكون شـكل الحبيبات واضـح تحت المجهر، وكما موضـح في الشكل (6-29).

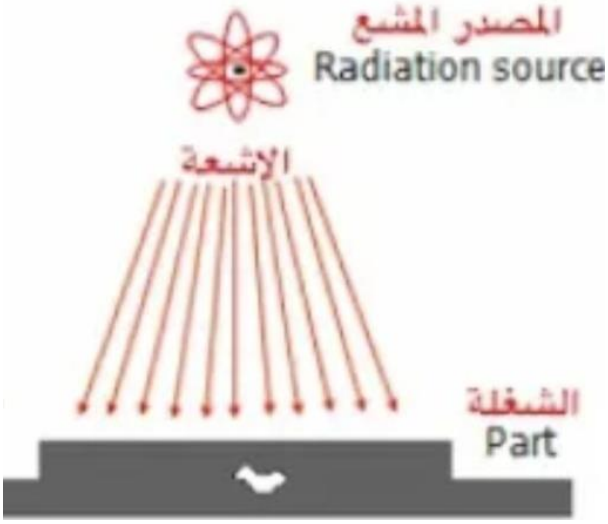


الشكل (6-29) البنى المجهرية لعدة أنواع من الفولاذ ذات نسب كربونية مختلفة

3-5-6 الفحص على العيوب الداخلية بالأشعة السينية (Radiography Test):

طريقة الإختبار بالأشعة السينية أو الإختبار الإشعاعي، تتطلب طريقة الاختبار اللاإتلافية هذه إستخدام الأشعة السينية أو أشعة كاما لمعرفة البنية الداخلية للمسبوكة، بحيث تخترق الموجات الكهرومغناطيسية التي تحمل طاقة عالية المادة ويؤثر الإشعاع الذي يخترق المسبوكة على الفيلم الحساس للإشعاع، الموضوع على الجانب الآخر من المادة. يكشف هذا الفيلم عن الصورة الداخلية للمسبوكة التي تمر من خلالها الأشعة السينية. تعتبر المساحات الداكنة في الصورة مؤشراً على عدم الإستمرارية أو العيوب.

تستخدم هذه الطريقة للكشف عن العيوب الداخلية والسطحية لجميع أنواع المواد المعدنية أو غير المعدنية.، وكما موضح في الشكل (6-30).



الشكل (6-30) فحص عينة من الحديد بطريقة الأشعة السينية (X-ray)

التطبيق السابع: الفحص على العيوب الداخلية بالأشعة السينية.

أهداف التطبيق:

بعد إنجاز التطبيق يكون الطالب قادراً على:

- اكتساب مهارة كيفية أجراء الفحص بالأشعة السينية لعينات المعادن المختلفة.

التسهيلات التعليمية:

عينة من المسبوكة، جهاز الفحص بالأشعة السينية (X-ray).

خطوات العمل:

1- نحضر عينة بأبعاد مناسبة (حسب نوع جهاز الفحص).

2- يوضع فيلم التحميض تحت العينة.

3- يسلط الأشعة (X-ray)على العينة حسب شدة الفولتية وسمك المعدن ونوعه.

4- يسحب الفيلم من الجهاز ونقوم بتحميضه.

5- دراسة نتائج الصورة وتحديد العيوب.

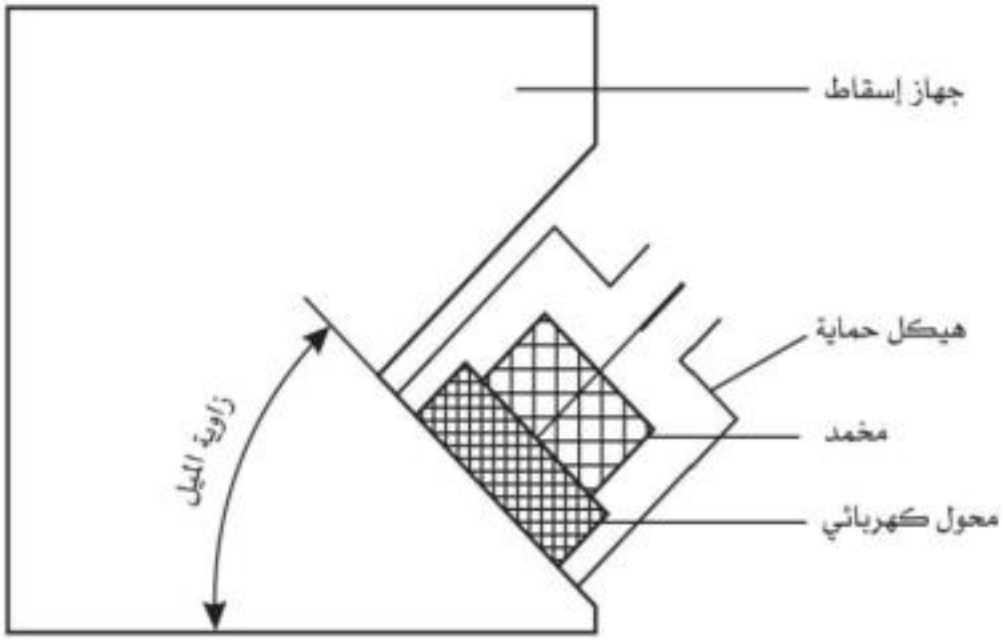
4-5-6 الفحص بالموجات فوق الصوتية (Ultrasonic Test):

تعتمد الإختبارات بالموجات فوق الصوتية على مبدأ إرسال الموجات الصوتية عالية التردد إلى المواد وإسترجاعها للكشف عن أي عيوب. تستخدم مجسات خاصة لإرسال موجات صوتية. يرسل مسبار متصل بجهاز الإختبار بالموجات فوق الصوتية إلى المادة وتمر هذه الموجات عبر المادة وتعكس مرة أخرى. عندما يكون هناك أي خلل، تعود الموجات الصوتية قبل اكتمال المسافة. يوضح هذا الموقف أن هناك عيوباً في المادة، ويوضح الشكل (6-31) طريقة الفحص بالموجات فوق الصوتية.

الشكل (6-31) الفحص بالموجات فوق الصوتية

إن الصـــناعات الأكثر اســـتخداماً للاختبار بالموجات فوق الصـــوتية هي البتروكيماويات والســـيارات والصناعات الفضائية وفي فحص الملحومات.

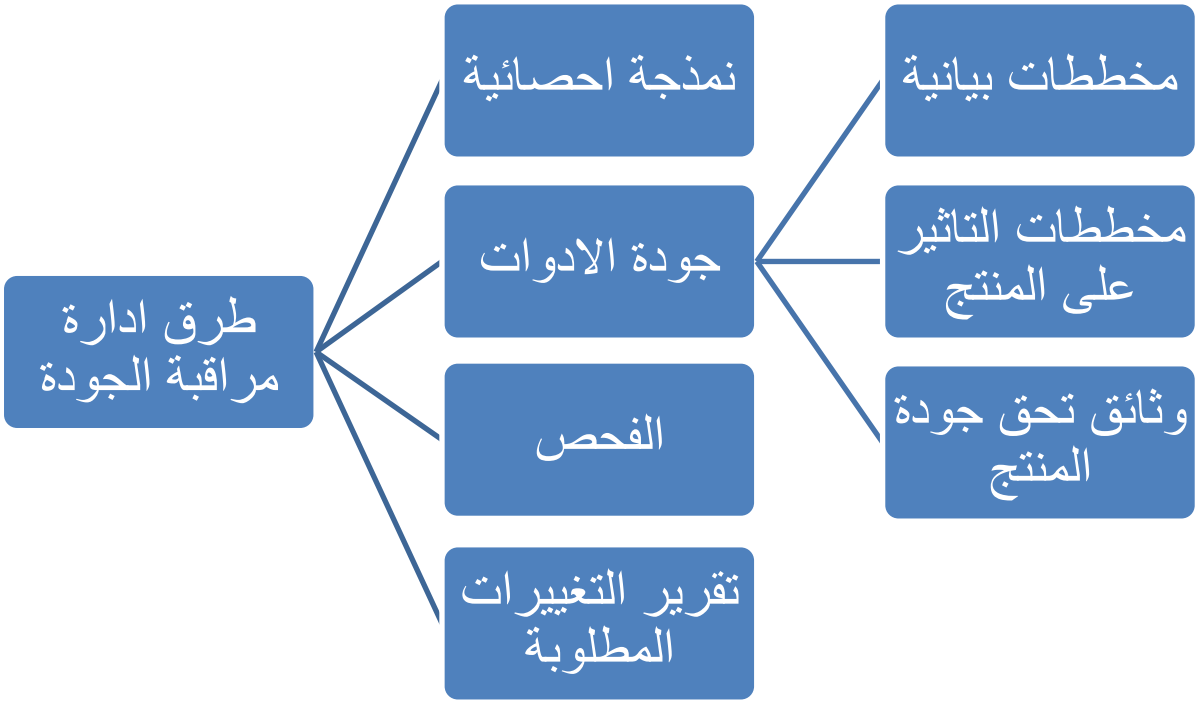
تتميز طرق الإختبار بالموجات فوق الصـــوتية بأنها تعطي نتائج ســـريعة ودقيقة للغاية، وليســـت ضـــارة بالبيئة والبشر، فهي عملية وسهلة النقل، وتتطلب القليل من التحضير، وتستخدم أيضاً لقياس سمك الأجزاء أو سمك منطقة التآكل ....الخ، ويوضح الشكل (6-32) جهاز الإختبار بالترددات فوق الصوتية.



الشكل (6-32) يمثل جهاز الإختبار بالترددات فوق الصوتية

6-6 النمذجة والسيطرة النوعية (Sampling & Quality Control):

عملية النمذجة هي عملية إختبار عينات عشـــوائية من منتج معين بإختبارات معينة لقبولها أو رفض المنتج الكلي حســـب ضـــمان الجودة (quality assurance) حيث يعتمد ضـــمان الجودة على نتائج فحص عينات النمذجة ومقدار قبولها وهذا ما يســـمى بالنمذجة المقبولة (Acceptance sampling). في اغلي الحالات النمذجة المقبولة تركز على المنتج النهائي. كل العمليات الســـابقة تدخل ضـــمن عمليات الســـيطرة النوعية والتي يمكن أن تعرف على إنها عمليات التأكد من جودة المنتجات من خلال التأكد من سير العمليات التصـنيعية حيث من الممكن أن تنجز بعمليات إخراج إرشـادية مسـتخدمة طرق إحصـائية. الشكل (6-33) يبين مخطط لأحد أنواع طرق النمذجة الخاص بالسيطرة النوعية.



الشكل (6-33) مخطط لطرق إدارة مراقبة الجودة ضمن عمليات السيطرة النوعية

6-7 تطبيقات على حماية البيئة:

Applications for Environmental Protection

يُقصد بالبيئة، الوسط الذي يعيش فيه الإنسان ويمارس أنشطته الإنتاجية والاجتماعية، وهي خزان الموارد الطبيعية المتجددة مثل حقول الزراعة ومصـــايد الأســـماك، والموارد الطبيعية غير المتجددة مثل مناجم المعادن وآبار النفط، وتتحدد علاقة الإنسان بالبيئة في دائرتين، فهي إطار للحياة يجب عليه أن يصونه من التلوث والتدهور، وهي مصدر للثروات الطبيعية يجب عليه أن يرشّد استغلاله. يُقصـــــد بالتلوث، بث طاقة أو مادة في البيئة بكميات كبيرة في غير المكان والوقت المناسبين، مما يضر بصحة الإنسان ويحد من الاستخدامات المشروعة للبيئة ويؤدي التلوث في أغلب الأحيان إلى تغير غير مرغوب في الصفات الفيزيائية أو الكيميائية أو الإحيائية للبيئة.

تنتج ورش السـباكة مسـبوكات معدنية حديدية وغير حديدية . وتتألف المسـبوكات الحديدية من الحديد والصـلب، في حين تضـم المسـبوكات غير الحديدية في الغالب الألمنيوم والنحاس والزنك والرصـاص والقصدير والنيكل والمغنسيوم والتيتانيوم .ويتم أنتاج المسبوكات بصهر الفلزات الحديدية أو غير الحديدية

وصبها وسبكها، أن الكثير من المسابك تقوم بسباكة كلا النوعين، وتشتمل الخطوات المعتادة في السباكة على العمليات الرئيسية التالية : صهر ومعالجة المعدن في ورشة الصهر، وتجهيز القوالب والقلوب في ورشة القولبة، وصب المعدن المنصهر في القالب، والتبريد، وإخراج المسبوكة من القالب في ورشة السباكة، ثم تشطيب المسبوكة الخام في ورشة التشطيب.

تتطلب العمليات السابقة إلى اتخاذ تدابير وتوصيات المنع والسيطرة أثناء العمل في ورشة سباكة المعادن، وذلك لحماية البيئة من التلوث، ومن أهم أسباب التلوث البيئي المرتبطة بهذا القطاع الصناعي (الفضلات الصلبة، المياه المستعملة، الانبعاثات الهوائية) وسنعرض لك عزيزي الطالب التطبيقات والأسس العلمية التي يجب مراعاتها لضمان حماية البيئة:

الفضلات الصلبة: تُعد الرمال الناتجة من عملية السباكة التي تستخدم القوالب الرملية من أهم المخلفات من حيث الكمية.

التطبيق الثامن: حماية البيئة.

أهداف التطبيق:

بعد إنجاز التطبيق يكون الطالب قادراً على:

- معرفة كيفية التخلص من الرمال المستعملة الناتجة من عملية السباكة.

التسهيلات التعليمية:

رمال مستعملة.

خطوات العمل:

1- إعادة استخدام الرمال المستعملة في عدة مجالات منها رصف الطرق أو صناعة الطابوق أو الردم الخراساني أو الردم الإنشائي.

2- إعادة استخدام رمل المسابك الأخضر بعد إزالته عن القطعة المعدنية مباشرة وإعادة تشكيله أما بالطريقة الابتدائية مثل (الهز أو التدوير أو الإسطوانة الدوارة) أو بالطريقة الثانوية مثل (معالجة الرمال لإزالة الربط الكيماوي).

المياه المستعملة: من أهم استخدامات المياه في ورشة السباكة:

1- في أنظمة تبريد الأفران الكهربائية (الحث والقوس الكهربائي) وأفران القبة.

2- في أنظمة إزالة الغبار باستخدام المياه .

3-عند تبريد القالب بالمياه تنتج مياه مستعملة تحتوي على معادن وشوائب عالقة.

الخطوات:

1. تركيب دورات مغلقة لمياه التبريد من أجل تقليل إستهلاك المياه وتصريفها.
2. إعادة تدوير المياه الساقطة بالترسيب أو الطرد المركزي ثم الترشيح.
3. تخزين الخردة وغيرها من المواد (مثل الفحم وفحم الكوك) بأماكن ذات سقوف ومحاطة بحواجز واقية للحد من تلوث المياه المستعملة وتسهيل تجميع مياه الصرف.

أسئلة الفصل السادس

س1/ عدد أنواع العيوب في المسبوكات؟

س2/ إملأ الفراغات الآتية:

1- ---------- هو تضخم يحصل في تجويف القالب بسبب ضغط منصهر المعدن.

2- تتجمع الغازات على أسطح المسبوكة نتيجة لعملية ---------- حيث تشكل تجاويف كروية أو بيضاوية تدعى با----------.

3- فجوات الإنكماش هي عبارة عن عيوب ---------- في شكل المعدن المسبوك.

4- التشققات العشوائية تظهر في المسبوكات بعضها يكون ---------- والاخر ---------- وتظهر هذه العيوب نتيجة الى ----------عند عملية الأنجماد.

س3/ إشرح عملية الفحص البصري بشكل خطوات؟

س4/ ماهي الفحوصات الإتلافية، وما الغرض منها؟

س5 / كيف يمكن حماية البيئة، ماهي الخطوات الواجب إتباعها؟