



طرائق التصنيع (2)
(سباكة المعادن)





منشورات جامعة دمشق
كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية

طرائق التصميم (2) (سباكة المعادن)

الدكتور

فؤاد عانر

أستاذ في

قسم هندسة التصميم الميكانيكي

الدكتور

عصام موسى

أستاذ مساعد في

قسم هندسة التصميم الميكانيكي

١٤٣٥ - ١٤٣٦ هـ

٢٠١٣ - ٢٠١٤ م

جامعة دمشق



الفهرس

الصفحة

مقدمة:

13

15

الفصل الأول: مميزات وعيوب السبابة.

17

1.1- تعريف السبابة.

17

2.1- صناعة السبابة.

17

3.1- مميزات السبابة.

18

4.1- عيوب السبابة.

19

5.1- أنواع المسابك.

20

6.1- الخطوات الأساسية للسبابة الرملية.

25

الفصل الثاني: رمال السبابة.

27

1.2- شكل وحجم حبيبات رمال السبابة.

27

2.2- المواد التي تتركب منها رمال السبابة.

30

3.2- الخواص العامة لرمال السبابة.

32

4.2- المواد المضافة إلى رمل القوالب والنوى.

35

5.2- مواد الفصل ومواد طلاء القالب.

36

6.2- معاجين إصلاح النواة (صمغ النوى)

36

7.2- اختيار الرمال.

37	1.7.2- اختيار رمال قوالب الرمل الطبيعي.
39	2.7.2- تشكيل خلائط قوالب الرمل الجاف.
40	8.2- رمال النوى.
41	9.2- رمل سليكات الصوديوم (Na SiO_3).
41	1.9.2- طريقة غاز ثاني أكسيد الكربون CO_2 .
47	الفصل الثالث: تصنيع النماذج.
49	1.3- النموذج وصندوق النواة
50	2.3 أنواع النماذج
54	3.3 تمييز الأجزاء المختلفة للنماذج
54	4.3 التسامحات في أبعاد النماذج
57	5.3 وظيفة النماذج
59	الفصل الرابع : النواة وصندوق النواة
61	1.4- أهمية وظيفة النواة.
61	2.4- مواد صنع النوى (القلوب).
62	3.4- صناديق النوى (القلوب).
67	الفصل الخامس: تشكيل قوالب الرملية اليدوية:
69	1.5- العوامل الأساسية التي يجب مراعاتها عند الصهر وتنقية وصب المعدن السائل.
69	2.5- أنواع القوالب الرملية اليدوية.

- 70 1.2.5- تشكيل قوالب النموذج من قطعة واحدة ويستخدم تجويفه لأداء سدا:
النواة.
- 72 2.2.5- تشكيل قالب النموذج يمر سطح الفصل من منتصفه.
- 75 3.2.5- تشكيل قالب النموذج مراتب من ثلاثة أجزاء.
- 77 4.2.5- تشكيل قالب على أرضية المسبك باستخدام النموذج المعدل
(الشابلونة).
- 80 5.2.5- تشكيل قالب على أرضية المسبك باستخدام النموذج المفرد.
- 81 3.5- طرائق تثبيت النواة داخل فجوة القالب.
- 85 الفصل السادس: تشكيل القوالب والقلوب الرملية آلياً:
- 87 1.6- أهداف وميزات تشكيل القوالب الرملية آلياً.
- 87 2.6- تصنيف معدات تشكيل القوالب الرملية آلياً وآلية عملها.
- 88 1.2.6- آلات التشكيل الذي يرفع فيه الريزك عن النموذج.
- 88 2.2.6- آلات تشكيل القوالب ذات لوح النزاع.
- 89 3.2.6- الآلات المضاعطة العلوية والسفلية.
- 91 4.2.6- آلات تشكيل القوالب الرملية الاهتزازية.
- 92 5.2.6- آلات تشكيل القوالب الرملية الاهتزازية المضاعطة.
- 92 6.2.6- الآلات القاذفة للرمال لتشكيل القوالب.
- 93 3.6- صنع القلوب (النوى) آلياً.
- 94 1.3.6- الآلات الهازة لصنع القلوب.



المقدمة

نقدم هذا الكتاب الذي يبحث في علم طرائق التصنيع بالسباكة (علم السباكة) التي تعد محور الصناعات الهندسية فلا يمكن أن تتم صناعة ما إلا للسباكة إسهام فيها.

ويمكن تعريف المسبوكات Castings بأنها أجسام معدنية تأخذ شكل القوالب التي يصب فيها المعدن المنصهر بعد تجمده، وبذلك يتحدد شكل الجسم تبعاً لشكل جوف القالب، أما السباكة أو الصب فهي عملية تشكيل جسم معدني بصهر المعدن وصبه في القالب.

والمسبك Foundry هو المكان المخصص لإنتاج المسبوكات: والواضح من هذه التعاريف هو استخدام المعدن السائل في الحصول مباشرة على شكل الجسم في صورة مسبوكة (مصبوبة) معدنية، وتختلف المطروقات عن المصبوبات المعدنية في أن المعادن في الحالة الأولى تتلقى معالجة ميكانيكية كالطرق (الحدادة)، أو الدرفلة، أو البثق فتتشكل، وهي في حالة عجينية، من كتل معدنية سبق صبها إلى أشكال مطلوبة، بينما غالباً ما تأخذ المسبوكات شكلها النهائي عندما يتحول المعدن المنصهر من الحالة السائلة إلى الحالة الصلبة أو الجامدة.

تصنع أجزاء الآلات بالسباكة إذا كانت أشكالها قد صممت بحيث لا تتيسر صنعها بطرائق الإنتاج الأخرى، أو إذا كانت هذه الطرائق غير اقتصادية وينطبق ذلك على جميع أجزاء الآلات ذوات الأشكال الداخلية والخارجية المعقدة، كالقطع ذوات الزعانف الكبيرة وغيرها.

تعتبر عملية السباكة من أقدم الحرف الأساسية وإن كانت قد استخدمت فقط في تشكيل المعادن القليلة التي عرفها الإنسان سابقاً مثل النحاس والبرونز، وقد أخذت صناعة السباكة تتطور فيما بعد مع غيرها من الصناعات فتبأت مكاناً مرموقاً في

صناعة الآلات، فقد وصلت عمليات سباكة المعادن إلى مراتب جديدة ممتازة فاقت ما سبقتها وقد تجلت نتائج ذلك في الإنتاج بالجملة للمسبوكات ذات الأشكال المعقدة مع الاحتفاظ بخواص ميكانيكية جيدة، وباقتصاديتها إذا ما قورنت بطرائق التشكيل الأخرى.

كانت أعمال السباكة خلال حقبة طويلة من الزمن تعتمد اعتماداً كبيراً على العمل اليدوي، إلا أن خلال بضع عشرات السنين الأخيرة فقد أمكن إجراؤها بالوسائل الميكانيكية والآلية بدرجة متزايدة وبكفاءة أعلى، وقد اكتشف أثناء تطور فن السباكة عدد كبير من الأساليب الحديثة منها: طرائق الماء الزجاجي وثنائي أكسيد الكربون، وطريقة الصب بالضغط، الصب بالطرد المركزي، وطريقة الشمع المفقود وطريقة القوالب القشرية..... إلخ.

والهدف من تطوير هذه الصناعة هو الحصول على مسبوكات اقتصادية ذات جودة عالية ودقيقة لخدمة الإنسانية.

يتألف هذا الكتاب من سبعة عشر فصلاً مرتبة وفق طبيعة الإنتاج المسبكي.

تتناول هذه الفصول موضوعات الكتاب المذكورة في فصوله السبعة عشر منهاجاً مقررأ لطلاب السنة الثالثة اختصاص الميكانيك، بكلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية بجامعة دمشق.

نأمل أن نكون قد قدمنا إلى طلابنا ومكتباتنا العلمية والعاملين في هذا المجال ما هو مفيد وأن يحقق هذا الكتاب الهدف الذي من أجله تم تأليفه.

د. عصام موسى - د. فؤاد عازر

الفصل الأول

مميزات السباكة وعيوبها

- 1- تعريف وصناعة السباكة.
- 2- مميزات وعيوب السباكة.
- 3- الخطوات الأساسية للسباكة الرملية.

- 5- يمكن صب الأجسام المعدنية الثقيلة وذات الأحجام الكبيرة التي يصعب إنتاجها بطرائق إنتاج أخرى وقد يصل وزن القطع إلى (200 طن). وكذلك الصغيرة التي تعد أوزانها بالغرامات.
- 6- يمكن بالسباكة الحصول على مسبوكات ذات خواص عالية: كتوفر المتانة وقلة الوزن في بعض خلائط المعادن الخفيفة التي لا يمكن تشكيلها أو الحصول عليها إلا بالصب. كما وللمعادن المصبوبة خواص جيدة تتحمل الإجهادات المختلفة.
- 7- الفائدة الاقتصادية من حيث تكاليف القطع المنتجة مقارنة بغيرها من القطع المنتجة بطرائق إنتاج أخرى.
- 8- بالسباكة يمكن إنتاج أجزاء آلات بأشكال مختلفة، مثل (جسم محرك السيارة، المكابس، حلقات إحكام المكابس، هياكل العربات، الاسطوانات، الدواليب، هياكل آلات التشغيل والمكابس، وعناصر سلاسل قيادة المجنزرات) وكذلك في الصناعات الخفيفة.

4.1- عيوب السباكة:

ويمكن تلخيصها بما يلي:

- 1- عدم دقة الأبعاد: ولكن يمكن تحقيقها بعمليات التشكيل الأخرى أو باستخدام طرائق سباكة خاصة، حيث يمكن تحقيق نعومة أسطح ودقة أبعاد مقبولة.
- 2- وجود الزوائد: وتحدث بالمسبوكات عند سطح الفصل بين أجزاء القالب وعند الأدلة نتيجة لوجود الخلو بين نصفي القالب.
- 3- اعوجاج المسبوكات: يحدث لعدم تساوي سماكة جدران المسبوكة لذا يجب تحسين التصميم واستعمال المبردات وخاصة للأجزاء السمكية من المسبوكة.
- 4- وجود الالتحام: وهو على شكل انخفاض أخدودي ينتج بسبب عدم الالتحام والتوافق التام بين تيارات المعدن الداخلة من جهات مختلفة إلى فجوة القالب: والسبب في حدوث الالتحام هو عدم سيولة المعدن بالدرجة الكافية أو عدم توجيه المعدن توجيهاً صحيحاً في فجوة القالب، وانقطاع تيار المعدن عند ملء القالب.

5- نقص المعدن في المسبوكة (عدم اكتمال المسبوكة): وهو جزء غير مكتمل في المسبوكة، ويكون بسبب عدم سيولة المعدن بالدرجة الكافية وعند تجمع غازات تمنع امتلاء القالب بالمعدن.

6- الفقاعات الغازية: وهي فقاعات من الهواء أو الغازات التي تتكون في القالب وتبقى بالمسبوكة على شكل فراغات صغيرة موزعة بأجزائها المختلفة، وأهم أسبابها هي عدم نفاذية القالب للغازات بدرجة كافية (شدة الرك مع تهوية رديئة للقالب)، ورداءة أنواع رمل القالب ورطوبة النواة عند وضعها في القالب وصب معدن لم يتخلص بعد جيداً من الغازات.

7- فجوات التجمد: وهي الفراغات التي تتكون نتيجة تجمد المعدن وتقلصه وعدم كفاية المغذي للمسبوكة لتغذيتها بالمصهور عند تجميدها، وسببها هو التصميم غير الصحيح للمسبوكة ولأوضاع المصببات والمرضعات، والخطأ في تركيب المعدن مما ينتج عنه انكماش زائد.

كما وتوجد عيوب أخرى لا مجال لذكرها في هذا الكتاب.

5.1- أنواع المسابك:

تقسم المسابك إلى:

- أ - مسابك حديدية: وفيها يتم صب حديد الزهر (الصب) والفولاذ.
- ب- مسابك غير حديدية: لصب المعادن مثل سبائك النحاس Cu وسبائك الألمنيوم Al والمنغنيز Mg ... الخ.

وإذا تم التقسيم على أساس طريقة العمل فيكون:

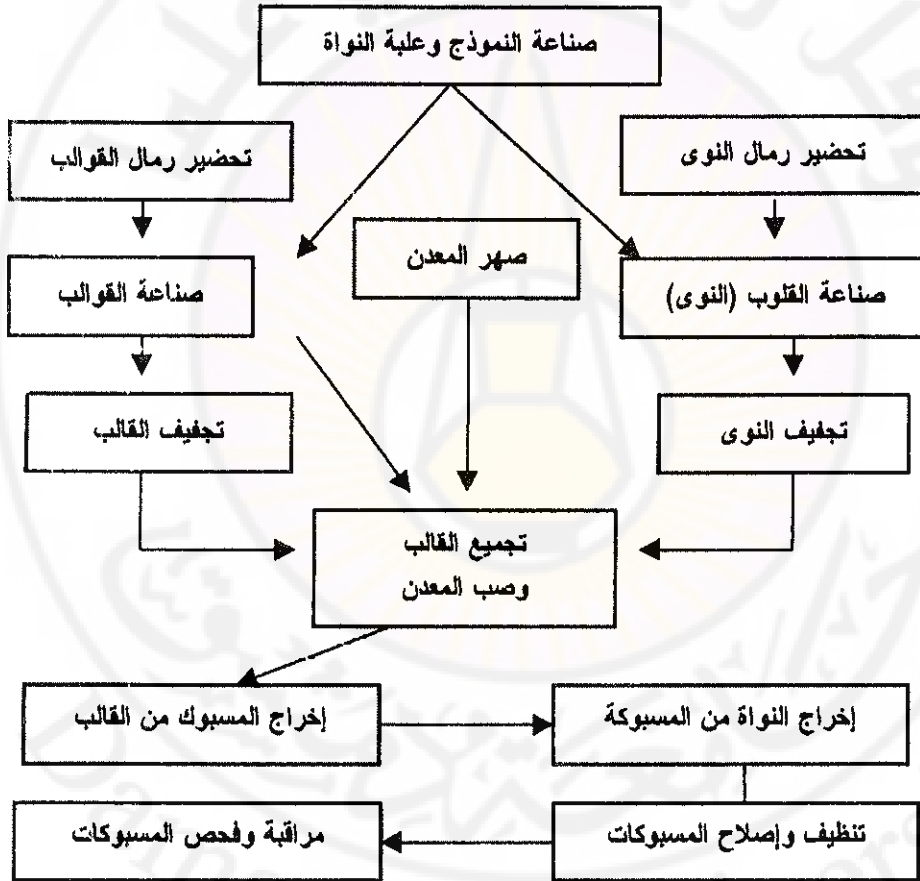
- 1- المسبك الصناعي اليدوي: يعتمد على التشغيل اليدوي لإنتاج عدد صغير من المسبوكات.
- 2- مسبك نصف آلي: يعتمد على إنتاج أحجام متوسطة وكبيرة من المسبوكات.
- 3- مسبك آلي: يقوم بإنتاج كميات كبيرة آلياً من المسبوكات بأقل التكاليف.

6.1: الخطوات الأساسية للسبابة الرملية:

تنقسم عملية السبابة الرملية في صناعة المسبوكات إلى العمليات الرئيسية الآتية:

- 1- تصنيع النماذج.
- 2- إعداد القلوب (النواة).
- 3- إعداد القوالب.
- 4- عملية الصهر والصب.
- 5- التنظيف والفحص.

ويوضح الشكل (1.1) تسلسل مراحل عملية السبابة.



الشكل رقم (1.1) مخطط تسلسل مراحل عملية السبابة

1- تصنيع النماذج: تستخدم النماذج في أعداد القوالب اللازمة لسكب القطع المراد الحصول عليها، وتحضر القوالب بضغط كمية من الرمل الرطب حول النموذج بحيث تتكون فجوة تمثل طبعة النموذج في الرمل عند رفعه، وعندما تمتلئ هذه الفجوة بالمعدن المنصهر نحصل على المسبوكة المطلوبة.

2- إعداد القلوب (النوى): القلوب أو النوى، وهي عبارة عن أشكال تصنع عادة من الرمل وتوضع داخل فجوة القالب لتشكيل السطوح الداخلية للمسبوكات، وعلى ذلك فإن الفراغ الواقع بين النواة وسطح فجوة القالب هو الذي يُكسب الشكل للمصبوب.

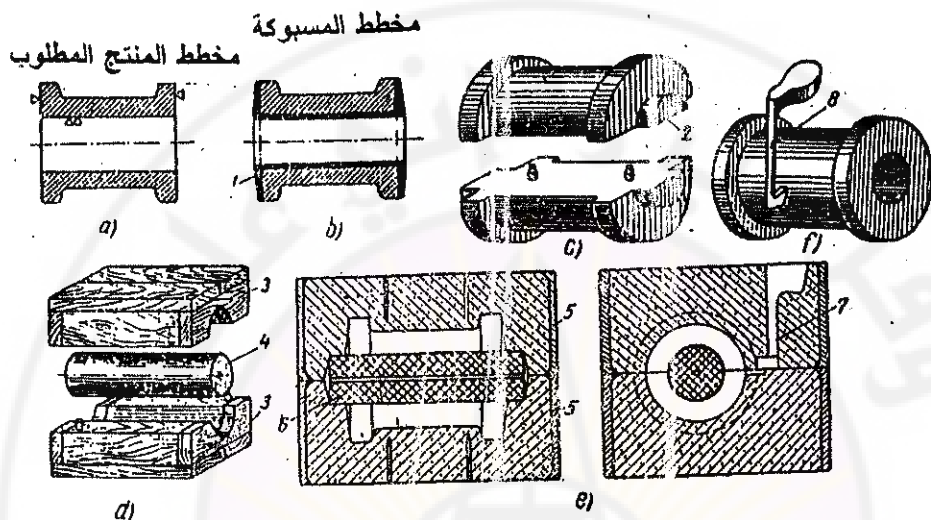
3- إعداد القالب: تشمل صناعة القوالب جميع العمليات اللازمة لتحضيرها وإعدادها لاستقبال المعدن المنصهر، فهي تستلزم كبس الرمل حول النموذج الموضوع داخل إطار معدني ساند (الريزك)، ثم سحب النموذج، فنحصل على فجوة القالب، ومن ثم وضع النواة داخل فجوة القالب، وتجميع (الريزك) بعضها مع بعض حسب تصميم القالب وبعدها تشطيب (الريزك) العلوي وقلبه بإحكام، وعندئذ يكون القالب معداً للصب.

4- عملية الصهر والصب: يتم تحضير المعدن المصهور في أفران خاصة ومنها ينقل المعدن المصهور بواسطة بوائق إلى مكان القوالب لصبه فيها.

5- التنظيف: وهي جميع العمليات اللازمة لإزالة الرمل والقشور والرايش من المصبوبات (المسبوكات) بعد تجمدها في القالب. أما الزوائد التي هي على شكل زعانف وأسلاك وخطوط فاصلة ومصببات المعدن فتقطع بأدوات خاصة، ويمكن إصلاح بعض العيوب في المسبوكات بواسطة اللحام، وتتم جميع هذه العمليات في قسم خاص للتنظيف.

ويبين الشكل (2.1) تسلسل مراحل العمليات في إنتاج جلبة بالسباكة، في ورشة النجارة يتم صناعة النموذج (2.1-c) للقطعة العلوية حسب الشكل (2.1-a) كما يتم صناعة علبه النواة (2.1-d).

ويكون الشكل الخارجي للنموذج مطابقاً للشكل الخارجي للقطعة المطلوبة عند صناعة النموذج يتم أولاً رسم المسبوكة المطلوبة (2.1- b) التي أبعادها أكبر بمقدار الإضافة (1) اللازمة لعمليات التشغيل على الآلات.



شكل رقم (2.1) العناصر الأساسية لقالب السبابة

وكذلك حسب رسم المسبوك يتم رسم النموذج، وتكون أبعاد النموذج أكبر بمقدار التقلص للمعدن المصبوب.

ومن أجل تثبيت النواة في القالب يجب أن نجهز مساند (2) في النموذج (c-2.1) ومن أجل تسهيل عملية (الراك) تصنع النماذج عادة من قطعتين شكل (c-2.1) يصنع القالب عادة في (ريزكين) (5) وتسمى إطارات القالب (الريازك) شكل (e-2.1).

عند صناعة القالب نضع نصف النموذج على صفيحة ونضع حولها الإطار، ثم يصب الرمل حول النموذج ويرك - ويصنع الجزء الآخر بنفس الطريقة ثم يرفع النموذج، وتوضع النواة في الجزء السفلي للقالب (e-2.1)، وينلق القالب بالجزء العلوي له، ومن أجل توصيل المعدن المصهور إلى فتحة القالب يجهز القالب بقنوات (7) شكل (e-2.1) والتي نسميها نظام الصب.

يصهر المعدن في أفران خاصة ويصب المصهور في القالب وبعد تجمده تتشكل المسبوكة في القالب، ونحصل عليها بتكسير رمال القالب من حولها وإخراجها.

في قسم تحضير الرمال يعاد تحضير رمال القالب ورمال النوى، وفي قسم التنظيف يتم إخراج النوى من المسبوكة وكسر نظام الصب 8 (f-2.1) وتنظف المسبوكة من الرمال الملتصقة بها والزوائد وبعد التنظيف يتم فحص المسبوكة ثم ترسل إلى قسم التشغيل الميكانيكي أو إلى المستودع.

تصميم النموذج يجب أن تؤمن سهولة إخراجها من القالب، لذا يجب أن يكون سطح النموذج ناعماً ونظيفاً، ويجب أن يكون النموذج متيناً، لا يتغير شكله وأبعاده في عملية الرك ... كما يجب أن يقاوم رطوبة رمال السباكة التي تحيط به عند تحضير القالب.



الفصل الثاني

رمال السبابة

- 1- شكل وحجم حبيبات رمال السبابة.
- 2- المواد التي تتركب منها رمال السبابة.
- 3- الخصائص العامة لرمال السبابة.
- 4- المواد المضافة إلى رمل القوالب والنوى.
- 5- مواد الفصل وطلاء القوالب وإصلاح النواة.
- 6- اختيار رمال القوالب والنوى.
- 7- رمل سليكات الصوديوم.



رمال السباكة

يتم معظم الإنتاج المسبكي في قوالب رملية وفي بعض مسابك صبب السعادر الحديدية قد يحتاج الأمر إلى حوالي (4-5) طن رمل لكل طن واحد من المسبوكات وفي بعض الحالات يصل إلى (10طن) لكل (1طن) من المسبوكات، وبالرغم من استعمال القوالب المعدنية في الإنتاج المسبكي الحديث، إلا أن 90% من المسبوكات لا تزال تُصنع في قوالب رملية تجهز من رمل السباكة مع بعض الإضافات.

تتوقف نسبة ووزن الرمل إلى وزن المعدن المصبوب على نوع وحجم المصبوب وطريقة السباكة، لذلك يجب التحكم بكمية الرمل اللازمة لإنتاج مصبوبات جيدة، فقالب الرمل هو الأداة التي تشكل المسبوكة، وأن رمل السباكة الرديء ينتج مسبوكات رديئة والعكس صحيح، لذلك يجب العناية الكبيرة عند اختيار وتحضير الرمال، وتستخدم عدة أنواع من الرمال في إعداد القوالب وفي عمليات السباكة ومنها: الرمل الأخضر، الرمل الإسمنتي، رمل النواة، ورمل السباكة الخاص بطريقة السباكة القشرية، ويجب أن تتوفر في رمال السباكة خاصة اللدونة، والنفاذية والمتانة، وقابلية الانضغاط ويجب أن لا تلتصق بجسم المسبوكة وتكون مقاومة للحرارة.

1.2- شكل حبيبات رمال السباكة وحجمها:

يكون شكل حبيبات الرمل بصورة عامة كروياً أو صفائحياً أو غير ذلك، ويكون حجم هذه الحبيبات كبيراً أو صغيراً، وهذا يؤثر في الخواص الفيزيائية والميكانيكية لرمال السباكة، من ثم على استخدام هذه الرمال، ونفاذيتها.

2.2- تركيب رمال السباكة:

يمكن أن تكون رمال السباكة ذات لون أحمر أو بني فاتح أو أصفر وتعود هذه الرمال إلى عدة عصور جيولوجية مختلفة ولذلك تختلف هذه الرمال من حيث

الخواص والتركيب، ويتألف الرمل الطبيعي المستخدم في المسبوكات من المادة الأساسية وهي حبيبات السيليكون SiO_2 ومن الغضار وهو المادة الرابطة، كما يحتوي على كمية قليلة من المركبات الأخرى المسماة بالمواد الفايشة (الشوائب) مثل CaCO_3 (كربونات الكالسيوم)، وعلى أكاسيد الحديد مثل Fe_2O_3 وغيرها. فالتركيب التقريبي لرمال السباكة الطبيعية شائعة الاستخدام كالآتي:

- أ- سليكون (SiO_2) وتتراوح نسبتها من 65-90% وزناً.
- ب- ألومينا (Al_2O_3) وتتراوح نسبتها من 3-9%.
- ج- أكاسيد الحديد مثل Fe_2O_3 ، 1.5-4.5%.
- د- كربونات الكالسيوم (CaCO_3) نسبتها (0.2-2.5%) وزناً.
- هـ- مغنيزيا MgO وكربونات المغنيزيوم MgCO_3 نسبتها (1.1-2.5%).
- و- بوتاس نسبتها من 1-3% وزناً.
- ز- صوديوم نسبتها من 0.1-1.5% وزناً.

وكلما زادت نسبة السيلوكون قلت نسبة الشوائب وبالتالي يمكن استخدام هذا الرمل للمعادن ذات الحرارة المرتفعة (المعادن الحديدية) والعكس صحيح فيستخدم الرمل للمعادن الملونة.

ويمكن تصنيف الرمل حسب محتوى الغضار إلى الأنواع الآتية:

- 1- رمل سليكوني يحتوي على نسبة غضار حتى 2%.
 - 2- رمل سليكوني فقير يحتوي على نسبة غضار من 2 حتى 10%.
 - 3- رمل سليكوني متوسط يحتوي على نسبة غضار من 20-30%.
 - 4- رمل سليكوني غني يحتوي على نسبة غضار من 30-50%.
- يسمى الرمل المحتوي على نسبة غضار أكثر من 50% بالغضار.

2.2.1- المركبات الأساسية لرمال السباكة:

2.2.1.1- السيليكون (SiO_2):

وهو العنصر الرئيس في الرمال وينشأ من تفكك الصخور الحاوية على نسبة كبيرة من الكوارتز سيليكون بشكل متبلور، والسيليكون عبارة عن مادة مقاومة للحرارة ودرجة حرارة انصهارها (1600-1700م) وهكذا فإن درجات الحرارة المستعملة في أفران الصب لا تسبب انصهاره، ولكن من الممكن أن يحدث التشقق والتفكك من وقت لآخر، وعند التسخين، يمكن أن يتحد السيليكون مع الصودا أو البوتاس أو الكلس وينتج عن ذلك الاتحاد مركبات السيليكون، ولهذه المركبات درجة حرارة انصهار أقل من درجة انصهار السيليكون النقية.

2.2.1.2- أكسيد الألمنيوم Al_2O_3 :

يتصف هذا الأكسيد بتقلصه الشديد مما يؤدي إلى حدوث الشقوق والكسور في القالب الرملي المجوف ولذلك يجب أن تكون نسبته محددة في رمل السباكة ولا يتعدى حدود معينة محددة في العيارات الخاصة.

2.2.1.3- أكاسيد الحديد (FeO , Fe_3O_4 , Fe_2O_3):

إن حبيبات السيليكون لا لون لها وإنما تكتسب لونها من وجود أكسيد الحديد الذي يغلف حبة الرمل لذا فإن تواجد أكاسيد الحديد في رمل السباكة يعطيه لونه المميز كاللون الأحمر والبنّي والأصفر، وهذه الأكاسيد المختلطة بالسيليكون تقوم بعمل الوسيط التماسكي. إن وجود الأكاسيد مثل (Fe_3O_4 , Fe_2O_3) مفيد في رمل السباكة حيث يرفع من المقاومة الحرارية لهذا الرمل ويقاوم تغلغل المعدن ضمن حبات الرمل، بينما الأكسيد (FeO) يعتبر ضاراً في رمل السباكة لأنه بدرجة حرارة السباكة يتحد هذا الأكسيد مع السيليكون ويشكل سليكات الحديد القابلة للانصهار بدرجة حرارة أقل، لذا يجب أن تكون نسبته في رمل السباكة قليلة ولا تتجاوز 0.5%.

4.1.2.2- الكلس – المنغنيز – البوتاس والصوديوم (تلويثات أي شوائب):

تكون هذه المواد بشكل مركبات درجة حرارة انصهارها عالية نسبياً ولكنها تتفاعل عند التسخين مع مواد أخرى وتنتج مركبات ذات درجة حرارة منخفضة مما يؤدي إلى احتراق الرمل وانصهاره والتصاقه بسطح المسبوك، لذا يفضل أن تكون نسبتها في الرمال منخفضة.

2.2.2- الغضار Clay:

(سليكات الألوميني المائية $2\text{SiO}_2 \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$): (الكاولين)

وهي المادة الرابطة في رمل السباكة ويتكون من حبيبات ناعمة جداً، وبحدود (من 0.01 إلى 1 ميكرون)، وتنشأ المرونة والربط عند إضافة الماء لها، حيث تنشأ قوى ربط بين حبيبات الغضار وحبيبات السيليكون، وكذلك عند تجفيف رمل السباكة فإن قوى الربط تزداد، لذلك يعتبر الغضار من المواد الرابطة الجيدة في الحالة الرطبة والجافة، ولكن بالتسخين لدرجات حرارة عالية يزيل الماء المتحد كيميائياً ويسبب فقداناً دائماً لقدرة الربط. ودرجة الحرارة التي تحدث ذلك تختلف بحسب نوع الغضار حيث يبدأ بدرجة الحرارة (400°C) ويكون فقدان الكامل للربط عند درجة الحرارة (700°C) وعند درجة الحرارة العالية أعلى من (700°C) يحدث في الغضار تغيرات بنيوية ويتبلور من جديد ويشكل مركب الموليت.

إن إضافة كمية كبيرة من الغضار إلى الرمل يضعف خاصية النفوذية فيه مما يجعل عملية السكب صعبة.

3.2- الخواص العامة لرمال السباكة:

يجب أن تكون رمال السباكة مناسبة لعمل القوالب وإنتاج مسبوكات خالية من العيوب، ونورد فيما يلي أهم الخواص القياسية لاختيار الرمال هي:

1- رخص الثمن: أي أن تكون الرمال المستخدمة رخيصة الثمن.

2- **العجينية Plasticity:** هي الخاصة التي تحدد قدرة الرمل على اتخاذ شكل النموذج المختوم بدقة أو شكل النواة، والاحتفاظ بهذا الشكل بعد إبعاد النموذج عن القالب الرملي وتزداد عجينية الرمل عند زيادة كمية الغضار والماء.

3- **المقاومة: (المتانة) Strength:** وهي تحدد مقاومة القالب للقوى التي تحاول تحطيمه كالصددمات التي تحدث عند تجميع القالب وعند نقله، وكذلك ضغط السائل عند ملء القالب بالمعدن السائل، وتزداد مقاومة الرمل مع زيادة الطمي (الغضار) وغيره من المواد الرابطة مثل الماء الزيمساجي، وتتوقف المقاومة كذلك على مقاييس وشكل حبيبات الرمل. وتعد المقاومة بشد عينات جافة أو ضغط عينات رطبة بأجهزة مخبرية خاصة $\frac{\text{كغ}}{\text{سم}^2}$ ، حسب شكل حبيبات الرمل تكون مقاومة الحبيبات الكروية أقل من مقاومة الحبيبات الصفائحية، كما أن للرمل الناعم متانة أكبر من الرمل الخشن وبسبب زيادة عدد نقاط التماس لواحد المساحة، وكما تزداد متانة الرمل بزيادة نسبة الرك للرمل.

4- **النفاذية Permeability:** وهي تحدد قدرة الرمل والخلائط الرملية على تمرير النيازات الخارجة من المعدن عند تجمده، والنفاذية العالية للرمال ضرورية لتسهيل خروج الغازات وبخار الماء المتصاعدة من المعدن عند تبريده ونجمده في القالب. تتوقف نفاذية الرمل للغازات على أبعاد الحبيبات وشكلها (بنية الحبيبات) وعلى الرطوبة وعلى نسبة المكونات من المواد الرابطة، وعلى درجة (الرك) للرمال، وإن النفاذية القليلة للرمل تسبب فجوات في المسبوك المنتجة، ويكون لحبيبات الرمل الناعمة نفاذية أقل من الحبيبات الكبيرة الحجم. وتقل النفاذية بزيادة نسبة الرطوبة وكمية الغضار الموجود في الرمل وكما تقل النفاذية بزيادة نسبة الرك للرمال.

5- **مقاومة الحرارة:** هي قدرة الرمل على تحمل درجة الحرارة الكبيرة للمعدن المصبوب في القالب دون أن ينصهر أو يلين أو يحترق ملتصقاً بسطح

المسبوكة، وعندما تكون مقاومة الرمل للحرارة غير كافية تتكون على المسبوكة طبقة من الرمل المحترق تعيق تنظيف المسبوكات وتشغيلها بالآلات القاطعة وترفع من تكاليفها.

6- توصيل الحرارة: (الناقلية الحرارية) يؤثر توصيل الحرارة لمادة القالب على سرعة تبريد المعدن المصبوب في القالب وبالتالي على بنيته، ويتوقف توصيل الحرارة على درجة رطوبة القالب، ولذلك كثيراً ما يلزم تجفيف القوالب المستعملة لسباكة المسبوكات الكبيرة من الصلب والزرلر لتقليل توصيلها للحرارة، ويمكن التوصل إلى تخفيض عامل انتقال الحرارة إلى الرمل بإضافة الفحم الحجري المسحوق إليه.

7- قابلية الانضغاط (الانكماش): هو قدرة رمل القالب والنواة على الانضغاط قليلاً تحت تأثير ضغط المعدن الذي ينكمش بنتيجة التبريد، وفي حال عدم انضغاط القالب أو النواة تحت تأثير انكماش المعدن يمكن أن تحدث في المسبوكة شقوق. وللرمل النهري قدرة جيدة على الانضغاط وتزداد الانضغاطية بقللة نسبة الررك وزيادة الفراغات الهوائية بين حبيبات الرمل.

8- عمر الاستعمال: وهي قدرة الرمل على الاحتفاظ بخواصه عند استعماله عدة مرات لصناعة القوالب.

تحدد خصائص الرمل والخلائط بإجراء اختبارات على عينات من الرمل على أجهزة خاصة في مختبرات الرمال.

4.2- المواد المضافة لرمل القوالب والنوى: (Additives):

تتم إضافة مواد مناسبة خلال عملية تحضير الرمل وذلك من أجل الحصول على خواص محددة لرمل تصنيع القوالب، والنوى تبعاً لاحتياجات المعدن المصهور والمسبوكة المطلوبة. ويمكن أن تكون هذه الإضافات ذات طبيعة مختلفة كالألياف، أو تعمل كعامل ربط وتساعد هذه الإضافات في تحسين متانة الرمل وعجينيته وتعطي

إنهاء سطحي جيد للمسبوكات، ومن الضروري اختيار النوع الصحيح وكذلك تحديد النسبة اللازمة للمادة المضافة من أجل الحصول على نوعية جيدة للمسبوكة والإضافات شائعة الاستخدام هي:

2.4.1- غبار الفحم:

غبار الفحم شائع الاستخدام في قوالب الرمل الرطبة والجافة، ويضاف غبار الفحم لتسهيل عملية سحب النموذج من القالب ومن أجل حماية سطوح القالب ضد تأثير المعدن المصهور ويعطى إنهاءً جيداً لسطح المسبوكات، وتحدث هذه المادة في أثناء عملية الصب طبقة رقيقة من الغاز بين سطح المسبوكة ورمل القالب، حيث يقلوم هذا الغاز تغلغل المعدن المصهور في رمل القالب وانصهار رمل السبابة، كما إن استخدام غبار الفحم يزيد من المتانة الرطبة والجافة للرمل، يجب أن يكون غبار الفحم جيد النوعية وناعماً جداً ويجب أن يحتوي على الأقل مواد طيارة (30%)، رماد على الأكثر (20%) رطوبة 3% وكبريتاً (1%) وفوسفوراً (0.2%) والباقي كربون.

2.4.2- المادة السوداء أو زيت الوقود:

يستخدم زيت الوقود أحياناً في خلانط الرمل الطبيعي في أعمال المصبوبات الصغيرة من جديد الصب أو الفولاذ وذلك من أجل الحصول على قشرة ناعمة، وهذه المادة تزيد مقاومة الرمل للحرارة وتتنقص النفاذية، وله تأثير مماثل لغبار الفحم إلا أن باحترقه تتولد غازات قوية جداً في الورشة لذلك يجب أن تكون الورشة جيدة التهوية، كما أن استعمال زيت الوقود يقلل من تماسك رمال السبابة لتواجد الزيت بين حبيبات الرمل ولذلك يجب أن تضاف مادة رابطة للرمال، والاستعمال المستمر للزيت الخام كمادة مضافة يؤدي إلى تلوث رمل الورشة.

2.4.3- مسحوق أكسيد الحديد:

تضاف بودرة (مسحوق) أكسيد الحديد لكل من رمال القوالب والنوى للحصول على التمدد بدرجة الحرارة العالية لتمنع تشكل الشقوق الساخنة للنوى ومقاومة تغلغل

المعدن في القالب، يجب أن يكون أكسيد الحديد (Fe_2O_3) ناعماً ويستخدم غالباً من أجل النوى للمسبوكات الحديدية، ويجب أن يحتوي على نسبة لا تقل عن (93%).

2.4.4- الدكستريين:

هي مادة صمغية تستخرج من النشاء، يستخدم الدكستريين كمادة ربط لتحسين خواص ربط الرمل، يزيد الدكستريين متانة الرمل وصلادته وقابلية تحطمه بعد عملية السباكة، ويمنع الرمل من الجفاف السريع.

خلال عملية صب المعدن يتحول الدكستريين لغاز منتجاً فجوات بين حبيبات الرمل مما يسمح بتمدد هذه الحبيبات دون تشوه. يستخدم الدكستريين غالباً في رمل النواة لإضافة متانة جافة لهذا الرمل وكمادة ربط في طلاءات القوالب والنواة.

هذه المادة متوفرة بنوعين الأصفر والأبيض كلاهما يجب أن يكونا بشكل بودرة ويجب أن لا تزيد نسبة الرطوبة فيهما عن (10%) النوع الأصفر يجب أن لا تقل ثقافته عن (85%) والرماد (1%) كحد أعظمي بينما النوع الأبيض يجب أن لا يقل محتواه الدكستريين فيه عن (65%) ومحتوى الرماد كحد أعظمي (0.5%)، كما يستخدم النشاء كعامل مماثل للدكستريين في القوالب والنوى الرملية.

2.4.5- المولاس:

هو عبارة عن سائل لزج بني غامق يستحصل عليه منتجاً ثانوياً خلال عملية تصنيع السكر، وهو شائع الإضافة لقوالب الرمل ونوى المسبوكات الحديدية، إنه يعطي الرمل متانة عالية، ويعطي أيضاً قابلية تحطم الرمل بعد عملية السباكة، ولكن نظراً للزوجته العالية وقابليته لتبلل الرمل فهو كذلك يزيد من المتانة الرطبة للرمل.

إن تعرض المولاس لدرجة الحرارة المرتفعة يولد غاز (CO_2) ثاني أكسيد الكربون الذي يقوم بتفسيه القالب ويزيد من متانة الانضغاط بدرجة الحرارة المرتفعة وبالإحماء الأكثر تتناقص المتانة وبذلك يصبح القالب قابلاً للتحطم، ولكن نظراً لقابليته

العالية لامتناس الرطوبة لمزيج الرمل مع مادة المولاس فلا يفضل استخدامه للمسبوكات ذات النوعية الجيدة.

6.4.2- المواد اللبففة:

تستخدم هذه المواد لتحسين قابلية التحطم بعد عملية السكب، وكما تسمح بتمدد حببيات الرمل وتزيد من النفاذية، والمواد الشائعة الاستخدام هي: نشارة الخشب الناعمة، التبن، العشب الجاف، شعر الحيوانات (الخيول أو البقر)، وإن هذه المواد فسي تطور مستمر بنتيجة التجارب والبحوث الهندسية.

5.2- مواد الفصل ومواد طلاء القالب:

1.5.2- مواد الفصل:

تستخدم مواد الفصل في السبابة من أجل تسهيل فصل القوالب والنوى عن النماذج وصناديق النوى. تبعاً لطريقة القولبة، فقد تكون مواد الفصل بشكل بودرة أو سائل، ومواد الفصل الشائعة الاستخدام بشكل بودرة هي: الغرافيت، أو رمل السليكات الناعم، يجب أن يكون الغرافيت من النوع القشري الطبيعي المحتوي على كربون لا يقل عن (66%)، ومن مواد الفصل السائلة الزيت المعدني أو المحاليل السليكونية المائية التي تستخدم في حالة القوالب القشرية.

2.5.2- مواد طلاء القوالب:

تطلى عادة القوالب والنوى بطلاء مناسب وذلك للحصول على إنهاء سطح جيد للمسبوكة، حيث تشكل مادة الطلاء طبقة كثيفة على سطح القالب أو النواة، تساعد هذه الطبقة على تجنب تغلغل المعدن المنصهر في رمل القالب أو النواة وكما تمنع التفاعل بين القالب والمعدن.

قد يكون الطلاء أحد النوعين التاليين إما بأساس مائي أو بأساس كحولي، وتستخدم مواد متعددة مقاومة للصهر لتشكيل الطلاءات مثل طحين السليكا أو طحين الزركون.

أ- طحين السليكا (SiO_2): يستخدم بشكل واسع كمادة طلاء وبشكل خاص في مسابك الفولاذ لمقاومته العالية للحرارة ومقاومته الجيدة لتغلغل المعدن المصهور في النوى، يجب أن يحتوي طحين السليكا على الأقل على (98%) سليكا وليس أكثر من (1%) رطوبة ويجب أن لا تكون درجة الانصهار أقل من (1700°C).

ب- طحين الزركون: هي مادة مقاومة للانصهار بشكل كبير جداً ويستخدم بشكل أساسي في مسابك الفولاذ، طحين الزركون ذو النوعية الجيدة لأعمال السباكة يجب أن يحتوي على الأقل 64% أكسيد الزركون (ZrO_2) و (30-35%) سليكا، ودرجة الانصهار يجب أن لا تقل عن 2000°C .

6.2- معاجين إصلاح النوى (صمغ النوى):

من الضروري أحياناً في السباكة أن تجمع بالمعاجين عدة نوى بعضها مع بعض قبل وضعهم في القالب، وغالباً ما تحتاج النوى لإصلاح عيوبها مثل المسامية، الشقوق... إلخ، ويجب اختيار نوع المعجونة المناسبة للتجميع بحيث لا يؤدي إلى عيوب في المسبوكة، ويجب أن تتصلب المعجونة في كتلة قاسية مقاومة للانصهار، وذلك عند تجفيفها وبدون أن تتشقق أو تتشقق ويجب أن تقاوم جريان المعدن بدون أن تتجرف منه، ويجب أن يكون محتواها الغازي قليلاً، تستخدم نوعين من المعاجين:

- 1- عجينة تتألف من الغضار المقاوم للانصهار: مثل الغضار الناري ومادة رابطة مثل البنتونيت أو الدكسترين والماء، وإن المحتوى الغازي لهذا النوع عادة يكون مرتفعاً.
- 2- عجينة تصنع بوساطة المزج الجيد لسليكات الصوديوم مع مواد مثل الغضار الناري، وطحين السليكا... إلخ. والمحتوى الغازي لهذا النوع قليل.

7.2- اختيار الرمال:

يجب أن يتم اختيار نوع الرمل المناسب للغرض المطلوب وحسب نوع المصبوبة المراد تصنيعها، فلذلك يجب أن يحتوي الرمل على قدر كبير للصفات والخواص الإيجابية التي تم بحثها سابقاً.

وأحد العوامل المهمة أيضاً في اختيار الرمال هو كلفة الطن الواحد واصل إلى المسبك، وكذلك نسبة الرمل الجديد إلى القديم مع المحافظة على الخواص الجيدة المطلوبة للخلايط.

يعتبر التعرف على نوع معين من الرمل وتقانة استعماله من الأمور المهمة المساعدة في خلط الرمل وتحضيره، وإن أغلب أنواع الرمال يمكن أن تعطي نتائج ممتازة عندما تعالج بمهارة.

من أجل صب المسبوكات الدقيقة والمعقدة يجب استعمال الرمل ذو الحبيبات الناعمة والمتصف بخاصية التماسك الجيدة، وإن القوة المتولدة من هذا الرمل تمكننا من سحب النموذج بدون حدوث أي عطب في الأجزاء البارزة من القالب.

إن الرمل ذا الحبيبات الصغيرة ينتج مسبوكات ذات سطوح ملساء مع الملاحظة أن النفاذية المنخفضة لهذا الرمل والتماسك الشديد لا يشكلان عاملاً جدياً في الأشغال الصغيرة، لكن الأشغال الكبيرة تتطلب نفوذية عالية لذلك يجب استعمال الرمل ذي الحبيبات الكبيرة.

1.7.2- اختيار رمال قوالب الرمل الطبيعي:

يعتمد تركيب رمل السباكة على الوظائف المطلوبة منه وعلى وزن المسبوكة ونوع المعدن المصبوب، ويعد الرمل القديم (المستعمل) المادة الأساس في إعداد رمال السباكة ويضاف إليه رمل جديد (غير مستعمل) وغضار، وماء، وإضافات أخرى.

ونميز الرمل المستخدم لصناعة القوالب من الرمل المستخدم لصناعة النوى.

أغلب ما يكون الرمل الملامس للمعدن المصهور مباشرة من الرمال ذات النوعية الجيدة والمحضرة لهذا الخصوص، ويسمى هذا الرمل برمل النموذج، ولبقية أجزاء القالب تستخدم رمال ذات خواص أقل وأرخص، وتسمى هذه الرمال برمال التعبئة. وفي الإنتاج الكمي للمسبوكات تكون الرمال موحدة ومن نوع واحد.

إن تركيب رمال القوالب التي ستجفف يختلف عن تلك التي تصب في الحالة الرطبة، فالرمال المستخدمة في القوالب الرطبة تحوي على كمية قليلة من الغضار، بينما تحتوي رمال القوالب المجففة على كمية أكبر من الغضار.

ويضاف أحياناً إلى رمال السباكة مواد عضوية حيث تتبخر عند التجفيف وتسبب بذلك زيادة في المطواعة والنفاذية.

1.1.7.2- تشكيل خلاط الرمل الطبيعي (الرطب):

عندما تُصنع مسبوكات صغيرة فلا يتأثر الرمل إلا قليلاً بالمعدن المنصهر، ويحتوي هذا الرمل على كمية كبيرة من الفحم غير المحترق ويكون خالياً نسبياً من الرواسب الغضارية التي تنتج عن احتراق الغضار لذلك فإن رمل الورشة يحافظ على حالته الجيدة وعندها يمكن إضافة كمية أكبر من الرمل القديم.

ويبين الجدول التالي التركيب النموذجي للرمل المستخدم للمسبوكات الخفيفة:

نوع الرمل	بالأجزاء	النسبة تقريباً
1- رمل الورشة (قديم)	6 أجزاء	80%
2- رمل جديد	جزء واحد	13%
3- غبار الفحم (ناعم جداً)	نصف جزء	6%

كلما كانت المسبوكات كبيرة كلما كان الرمل معرضاً للتلف بشكل أسرع من ثمّ تزداد نسبة الرمل الجديد اللازم إضافته.

أما المسبوكات التي تتراوح سماكتها من 40mm-13mm فيجب زيادة نسب الرمل الجديد وغبار الفحم، ويبين الجدول التالي تركيب الرمل الأكثر شيوعاً للمسبوكات العامة:

نوع الرمل	بالأجزاء	النسبة تقريباً
1- رمل الورشة (قديم)	8 أجزاء	59%
2- رمل جديد	4 أجزاء	29%
3- غبار الفحم (ناعم جداً)	1.5 جزء	11%

وللمسبوكات ذات السطوح الكبيرة يحب إضافة كمية من الرمل الجديد أكبر مما يضاف عادة لخليط الرمل الطبيعي للمسبوكات العامة المذكورة سابقاً، وكما يجب استعمال رمل خشن ذي قابلية أكبر للنفوذ.

2.7.2- تشكيل خلاطة قوالب الرمل الجاف:

أهم مميزات هذه الطريقة أي استخدام قوالب رملية مجففة: هي أن احتمال الحصول على مسبوكات خاطئة يكون أقل من الطريقة الرطبة، وعندما يكون القالب مجففاً بالشكل الصحيح يكون احتمال حدوث الانجراف أو التقشر في المصبوبات قليلاً، ويلاحظ أن المسبوكات الكبيرة ومتوسطة الحجم المصنوعة بهذه الطريقة يكون دائماً سطحها العلوي نظيفاً، كما أن الفراغات وثقوب الغازات وبعض العيوب الأخرى تكون أقل.

من أجل رفع متانة القالب الرملي ونفاذية الغازات ولتقليل تكون البخار بها عند صب المعدن، تجفف هذه القوالب مع العلم أن عملية التجفيف تزيد عملية الإنتاج تعقيداً وترفع من تكاليف المسبوكات، تجفف القوالب الرملية والنوى في أفران التجفيف عند درجات حرارة (300-350م) في أفران خاصة.

1.2.7.2- (خلاطة الرمل الجاف):

يستوجب عند استعمال الرمل الجاف نسبة أكبر من الرمل الجديد وخاصة عندما نريد صنع مسبوكات كبيرة.

ويوضح الجدول التالي بعض الخلاط النظامية لرمال القوالب المعدة للتجفيف حسب حجم المسبوكات

مخلوط رملي من أجل:		مسبوكات صغيرة ومتوسطة		مسبوكات عادية وكبيرة		مسبوكات كبيرة جداً	
1- رمل الورشة (قديم):	13 جزء	59%	11 جزء	55%	10 أجزاء	47.6%	
2- رمل جديد	8 أجزاء	36.3%	9 أجزاء	45%	10 أجزاء	47.6%	
3- مواد مضافة مثل اللشادر أو السماد	واحد	4.54%	واحد	5%	جزء واحد	4.76%	

وفي حال المسبوكات الكبيرة جداً يجب استعمال الرمل ذي المقاومة الكبيرة للحرارة.

8.2- رمال النوى CORE SAND:

نظراً لإحاطة النوى بالمعدن المصهور لذلك يجب أن تتوفر في رمال هذه النواة الصفات الآتية:

- 1- النفاذية العالية للغازات
- 2- المتانة الكبيرة والمطواعية.
- 3- المقاومة الحرارية الكبيرة.
- 4- سهولة التفتت بعد عملية السكب.

لتحقيق هذه الصفات يستخدم للنوى رمال خاصة ومن هذه الرمال:

1- رمال غضارية مع نشارة الخشب الناعمة: وتركيبها مماثل لرمال قوالب الرمل الجاف، ويستخدم في هذه الرمال رمل جديد ذو نوعية جيدة نظراً لتعرضها لإجهادات حرارية كبيرة، وإذا كانت النواة معقدة فإننا نستخدم الرمال التركيبية للنوى.

2- رمال الزيت: رمل زيت بذر الكتان من أكثر المواد الرابطة شيوعاً في خلطات رمال النوى، ويتألف هذا الرمل من حبيبات رمل السليس مع مادة رابطة هي زيت بذر الكتان، إلا أن متانة هذا الرمل معدومة في الحالة الرطبة لذلك تضاف

مواد تساعد على المتانة الرطبة مثل مولاس والدكسترين، وبذلك يمكن نقل النواة من صندوق النواة إلى فرن التحميص.

تتمتع نوى الزيت بعد التحميص بنفاذية جيدة للغازات ومتانة عالية وسهولة التحطيم بعد عملية السكب، فمثلاً الخلطة العامة لرمل النوى الزيتية: تتألف من حبيبات رمل السيليس SiO_2 ومن (4-5%) مولاس. و(1-1.5%) زيت بذر الكتان في هذه الخلطة المولاس يعطي المتانة الرطبة وزيت بذر الكتان يعطي المتانة الجافة ودرجة حرارة التحميص هي (280-300م) وزمن التحميص يتراوح من (1-2) ساعة، حيث يمتص الزيت الأكسجين من الهواء فتتصلب النواة.

9.2- رمال سليكات الصوديوم (NaSiO_3 ماء زجاجي):

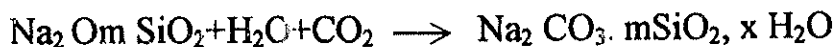
تطورت طريقة حديثة خاصة للقوالب ولصناعة النوى وذلك بأقل مجهود ومهارة قليلة مع توفير بالوقت والتكلفة، لا تحتاج هذه الطريقة لتجفيف القوالب والنوى حيث تتم التقسية السريعة للسطوح بالمقارنة باستخدام الرمل الرطب والجاف.

إن استخدام سليكات الصوديوم كمادة رابطة تمكن من إعداد القوالب والنوى بدون أي تجفيف أو تحميص في الأفران وبيع بعض الحالات بدون رك القالب، إن التباين بين الطرق المختلفة المستخدمة لسليكات الصوديوم تكمن بنوعية التصلب للرمل المستخدم وذلك حسب نوعية الإضافات لهذا الرمل وطبيعة التفاعل الكيميائي الحادث المؤدي للتصلب، تستخدم هذه الطرق بشكل واسع لإنتاج حديد الصب والفولاذ وكذلك المعادن الملونة وللمسبوكات الصغيرة والكبيرة، إن النماذج المستخدمة في هذه الطبقة يمكن أن تكون من الخشب أو المعدن أو البلاستيك، وتستخدم طرق متعددة لتصلب قوالب الرمل والنوى ومنها:

1.9.2- طريقة غاز ثاني أكسيد الكربون (CO_2):

يعتمد مبدأ العمل بطريقة غاز ثاني أكسيد الكربون على أنه عندما يمر هذا الغاز عبر الرمل المحتوي على سليكات الصوديوم، يتصلب الرمل مباشرة بنتيجة تفاعل سليكات الصوديوم مع غاز CO_2 ، وإن متانة التصلب الحادثة تجعل الرمل لا

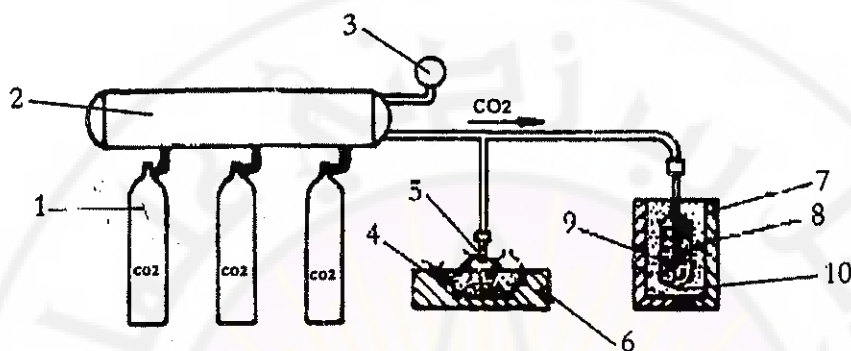
يحتاج إلى تجفيف أو تحميص ويمكن أن يُصب المعدن مباشرة إلى فجوة قالب، إن عملية التصلب هي نتيجة لتفاعل كيميائي يمكن تبسيطه حسب المعادلة الآتية:



إن السليكا الناتج بالتفاعل يحتوي على الماء وممثل بـ $(\text{SiO}_2, x\text{H}_2\text{O})$ والذي يطلق عليه جيلاتين السليكا ويؤدي إلى إعطاء المتانة لرمل سليكات الصوديوم، يجب أن يكون الرمل المستخدم خالياً من الفضار وجافاً ويتم خلط هذا الرمل مع (3-5%) سليكات الصوديوم، ويتم الإضافة المناسبة مثل بودرة الفحم، نشارة الخشب، الدكسترين وذلك لإعطاء الصفات المرغوبة للرمل، والعيب الأساسي لرمل سليكات الصوديوم إنه صعب التفتت بعد عملية السباكة لذلك يضاف الدكسترين ونشارة الخشب وكذلك يعتبر السكر من العوامل الفعالة المساعدة على تفتت رمل سليكات الصوديوم بعد عملية السباكة.

يجب تطبيق غاز CO_2 لمدة محددة من الزمن حيث يتم التفاعل بشكل سريع في المراحل الأولى للمعالجة بالغاز، ونحصل على المتانة العظمى لخليط الرمل عندما تعبر الكمية الحرجة من الغاز، وفي حالة الاستمرار بالمعالجة بالغاز أكثر فإن متانة الربط تنخفض كما وجد أنه كمية محددة من الغاز نحصل على المتانة العظمى عندما يطبق الغاز بضغط منخفض ولمدة أطول، ويمكن تحديد حجم الغاز لهذه العملية، إذا عرفت كمية سليكات الصوديوم الموجودة بالرمل وكقاعدة عامة فإن لكل (1 كغ) سليكات الصوديوم نحتاج إلى (0.5-0.75 كغ) من الغاز. يتم استخدام اسطوانات غاز (CO_2) مع صمام خافض للضغط واستطاعة التبخر للأسطوانة يصل إلى (2 كغ) بالساعة. فإن الغاز يتجمد على المخرج إذا ازداد معدل سحب الغاز من الأسطوانة، فإذا احتيج إلى معدل كبير من الغاز فيستخدم على المخرج مبخر كهربائي وتصل استطاعة التبخير إلى (75 كغ) بالساعة.

ويوضح الشكل /1.2/ تصليد رمل القوالب بواسطة غاز ثاني أكسيد الكربون ويجب أن لا تتعرض اسطوانات الغاز للتسخين خشية أن تتفجر نتيجة تزايد الضغط في داخلها.

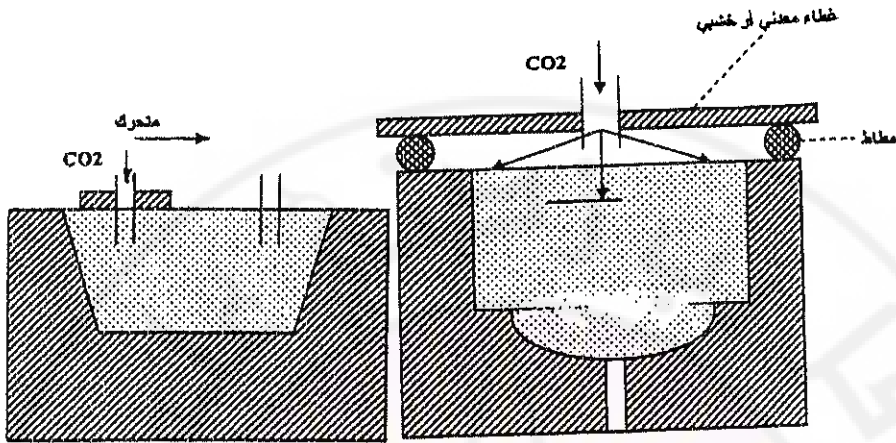


شكل (1.2) تصليد رمل القوالب بواسطة غاز ثاني أكسيد الكربون

- 1- أسطوانة ثاني أكسيد الكربون تحت ضغط 80 بار.
- 2- خزان وسيط يتراوح ضغط الغاز فيه (1-2) بار.
- 3- مبيّن الضغط (ساعة مؤثر).
- 4- رمل قوالب مخلوط بماء زجاجي.
- 5- رشاش غاز ثاني أكسيد الكربون.
- 6- صندوق القلب.
- 7- صندوق القلب.
- 8- رمل قوالب.
- 9- فوهة مولجة.
- 10- خبث.

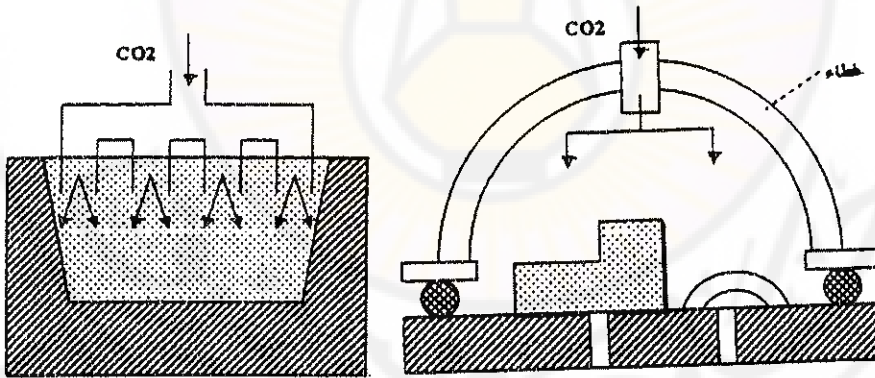
ونورد فيما يلي بعض تطبيقات توزيع غاز ثاني أكسيد الكربون من أجل
تصليب النوى والقوالب:

1- تطبيق من أجل النوى (القلب):



شكل (٢, ٢) لحدادي الأنبوب المتحرك

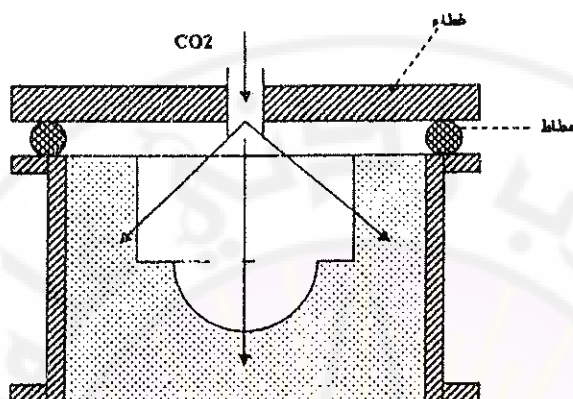
شكل (٣, ٢) تغذية ثابتة بغطاء مع أنبوب



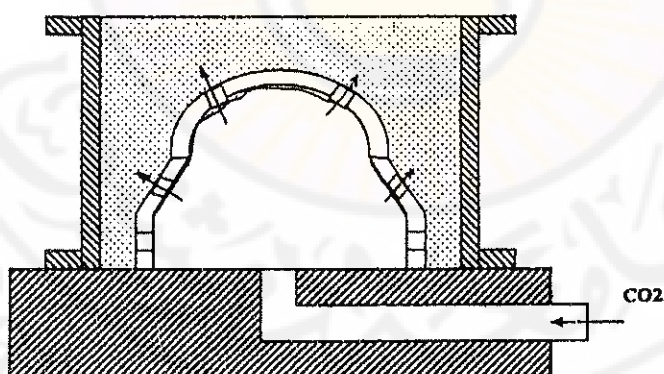
شكل (٤, ٢) للتغذية بأنبوب متشعب

شكل (٥, ٢) خطام لنواة خارج قلبها

2- تطبيق من أجل القوالب:



شكل (٦، ٢) تغذية القلب بعد إزالة النموذج



شكل (٧، ٢) التغذية للقلب ذو النموذج متقلب



الفصل الثالث

تصنيع النماذج

- 1- النموذج وصندوق النواة.
- 2- أنواع النماذج.
- 3- التسامحات في أبعاد النماذج.
- 4- وظيفة النماذج.



تصنيع النماذج

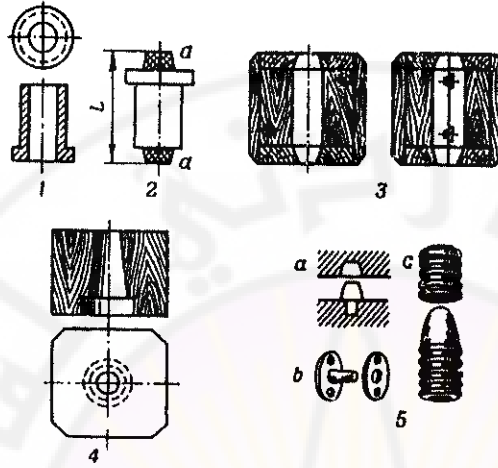
لإعداد القالب اللازم لصب المعدن نحتاج إلى نموذج يحاكي شكله الخارجي شكل المسبوكة المطلوبة، وإعداد النموذج ضروري حتى لو كان المصبوب نموذجاً واحداً.

إن الحصول على النموذج الملائم يعد الخطوة الأولى في عمل المصبوبات. تصنع النماذج في أقسام خاصة تلحق بالمسبك أو في ورش منفصلة تعرف بورشة النماذج، وتصنع النماذج من الخشب أو الجبس أو من المعدن، ويستعمل لتصنيع النماذج الخشبية: خشب الصنوبر والجوز والزان والزيزفون، ويجب أن يكون الخشب المستعمل مجففاً جيداً ولا يحتوي على أكثر من 10% رطوبة.

1.3- النموذج وصندوق النواة:

يتشكل السطح الداخلي لفجوة القالب من الشكل الخارجي للنموذج وهو نفسه الشكل الخارجي للمسبوكة. وتتكون التجاويف الداخلية للمسبوكة بوضع نواة معينة ضمن القالب، ويمكن أن تصنع النماذج من قطعة واحدة أو من قطعتين أو أكثر قابلاً للانفصال، ويصنع النموذج قابل للانفصال حين يمكن سحبه من القالب بسهولة، وكثيراً ما يصنع أيضاً صندوق النواة قابلاً للانفصال بسهولة تجهيز النواة.

ويبين الشكل (1.3) مسبوكة جاهزة الجلبة (1) والنموذج (2) اللازم لها، ويختلف النموذج عن المسبوكة بكونه مصمماً (وليس مجوفاً) كما أن له برورات (a) تسمى بدليل النواة، تستعمل لتكوين طبقات في القالب لترتكز عليها النواة عند وضعها فيه، كما هو موضح على الشكل صندوق (علبة) النواة 3 حيث يتألف من نصفين، ويبين الشكل أيضاً صندوق نواة رقم 4 من قطعة واحدة مخروطي الشكل، وأداة ربط 5 خشبية ومعدنية (a,b,c) لجمع أجزاء النموذج وصناديق النواة بعضها مع بعض، وتصنع سطوح النموذج الرأسية ملسوبة قليلاً لتسهيل إخراج النموذج من القالب، وتُجعل السلبية في النماذج الخشبية عادة في الحدود من (1-3).



شكل رقم (1.3) مجموعة ختم النماذج

- 1- الجلبة (المسبوكة)، 2- نموذج الجلبة، 3- صندوق النواة قابل للفك لنواة الجلبة، 4- صندوق النواة من قطعة واحدة، 5- دسر خشبية ومعدنية لوصل نصفي النموذج وصندوق النواة.

2.3- أنواع النماذج:

تستخدم المسابك أنواعاً عديدة من النماذج وتبعاً لما يتطلبه عمل المسبوكات، ويمكن تقسيم النماذج إلى الأنواع الآتية:

- 1- نماذج مفردة (أو منفصلة).
- 2- النماذج ذات المصب.
- 3- النماذج ذات اللوح (صفيحة الأنموذج).
- 4- النماذج ذات النصفين علوي وسفلي.
- 5- النماذج الأساسية.
- 6- النماذج الخاصة.
- 7- النماذج المعدنية.

ولكل نوع من هذه النماذج ميزاته الخاصة.

1.2.3- النماذج المنفصلة:

عبارة عن نسخة مفردة للمصبوب ويراعى فيها مقادير التفاوت المسموح به في الأبعاد وتحتوي على طبقات النواة اللازمة لإنتاج القطعة المطلوب صبها، وتصنع في الأغلب من الخشب أو الجبس أو اللدائن أو الشمع، والمصبوبات التي تصنع بواسطة نماذج مفردة قليلة نسبياً وذلك لأنها عملية بطيئة وكثيرة التكاليف، وليس لها مصب وإنما يحفر مصب المعدن يدوياً.

2.2.3- النماذج ذات المصب:

وتعتبر تطويراً للنماذج المنفصلة التي بغير مصب ويكون المصب جزءاً من النموذج، وباستخدام هذا النوع من النماذج تزداد سرعة عمل القوالب اللازمة لإنتاج كميات قليلة من المصبوبات.

3.2.3- النماذج ذات اللوح:

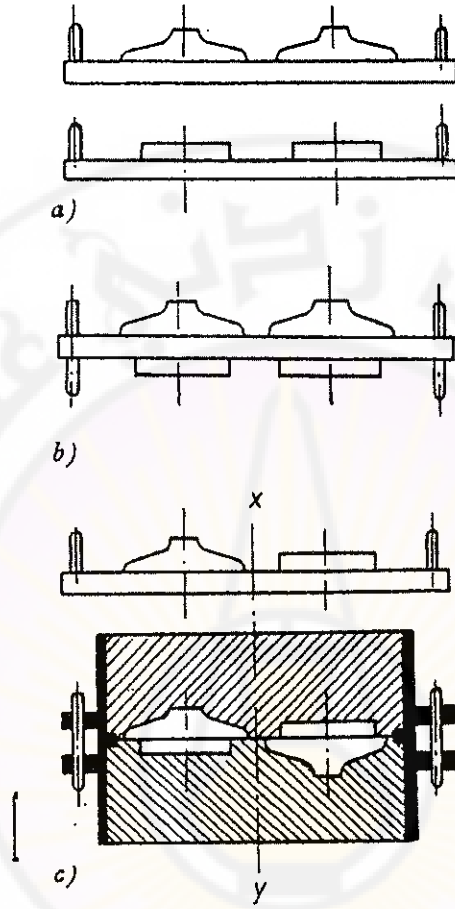
لإنتاج كميات كبيرة من المصبوبات الصغيرة الحجم فلذلك تستخدم نماذج ذات اللوح، ويثبت النصفان العلوي والسفلي للنموذج على الوجهين المتقابلين على لوحة من الخشب أو المعدن، وتمثل لوحة النموذج الخط الفاصل للقالب الرملية. والشكل (2.3) يوضح أنواع لوحات النماذج.

4.2.3- النماذج ذات النصفين:

وفيها يثبت كل من الجزئين العلوي والسفلي للنموذج على لوحة منفصلة وبذلك يمكن تصنيع كل من نصفي القالب بشكل مستقل على آلات مختلفة للقوالب، وباستخدام هذا النوع من النماذج تسهل عملية صناعة القوالب للمصبوبات المتوسطة والكبيرة، وتحتاج النماذج ذات النصفين إلى دقة في ضبط نصفي القالب باستعمال مسامير دليلية وجلب لكي يتطابق الجزء العلوي والجزء السفلي للمصبوب في الوضع الصحيح.

5.2.3- النموذج الأساسي (الموديل):

يصنع في الأغلب من الخشب وهو يستخدم كأصل لصب النماذج المعدنية ويمكن صب عدة نماذج على النموذج الأساسي بعد تثبيتها وضبط أبعادها على لوحه النموذج.



شكل رقم (2.3) أنواع لوحات النماذج

- a- لوحة نموذج بوجه واحد.
- b- لوحة نموذج بوجهين.
- c- لوحة نموذج معكوسة

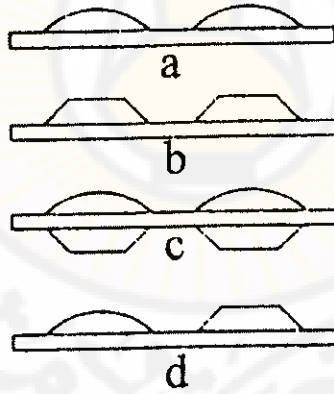
6.2.3- النماذج الخاصة:

تستخدم ترتيبات خاصة في الأحوال التي تكون فيها أنواع النماذج التي سبق ذكرها غير ملائمة، فإذا كانت المسبوكة كبيرة جداً فإنه يستحسن استخدام نموذج هيكلي.

7.2.3- النماذج المعدنية:

تستعمل النماذج المعدنية على نطاق واسع في الإنتاج المسبكي الحديث، وتمتاز هذه النماذج عن النماذج الخشبية كونها أكثر دقة وأطول عمراً وذات سطح أكثر نعومة، وتركيب النماذج المعدنية عادة على لوحة معدنية.

وتركب اللوحة وأجزاء النموذج المركبة عليها تركيباً متيناً بلوحة النموذج ويبين الشكل (3.3) طرائق وضع أجزاء النموذج على اللوحة، ويمكن أن تكون لوحات النماذج بجهة واحدة شكل (3.3 a,b) عندما تثبت أجزاء النموذج العلوية فقط أو السفلية فقط على ناحية واحدة من اللوحة، أو بجهتين شكل (3.3 c-d) عندما تثبت أجزاء النموذج بالتماثل بالنسبة لسطح الانفصال على ناحيتي اللوحة، أو عكسية شكل (3.3 d) عندما يثبت نصف النموذج على ناحية واحدة من اللوحة بحيث يمكن أن يكمل كل منهما الآخر عند إدارتهما 180 كما تثبت على لوحة النموذج نماذج مجمعات الخبث وقنوات التغذية وقواعد المصببات.



شكل رقم (3.3) طرق وضع أجزاء النموذج على اللوحة
b-a- بجهة واحدة، c- بجهتين، d- قابلة للعكس (عكوسة)

تصنع النماذج المعدنية من حديد الزهر (الصب) الأبيض أو الرمادي أو من النحاس الأصفر أو من الألمنيوم وسبائكه، فالنحاس الأصفر صقيل ومقاوم للعوامل الطبيعية، لذا تكون نماذج النحاس الأصفر مقاومة عند تعرضها لرطوبة رمل المسبك، وقد اتسع استخدام الألمنيوم وسبائكه في صنع النماذج المعدنية في جميع ميادين المسبوكات وذلك لخفة الوزن، جودة الصفات الميكانيكية، المقاومة الجيدة للتآكل.

3.3- تمييز الأجزاء المختلفة للنماذج:

لتلافي الكثير من الأخطاء عند العمل في القوالب تميز الأجزاء المختلفة للنماذج وبعض خصائصها بطلبيها بالألوان المناسبة، والألوان المتعارف عليها من قبل العاملين في إنتاج النماذج والمسبوكات هي:

— الأسود: سطوح المسبوكات التي تترك دون تشغيل.

— الأحمر: سطوح المسبوكات التي سوف يجري تشغيلها.

— الأصفر: لطابعات (ركائز) النواة.

— خطوط حمراء على أرضية صفراء: سطوح أجزاء النماذج السائبة.

— خطوط سوداء على أرضية صفراء: لأجزاء تقوية النموذج.

تدهن النماذج الخشبية بعد إنجازها بطبقة من الورنيش أو الدهانات الأخرى، والغرض من هذا الطلاء هو حماية النموذج من الرطوبة وصقل سطوحه من ثم تسهيل سحبه من رمل القالب.

4.3- التسامحات في أبعاد النماذج:

يستخدم النموذج في إنتاج المصبوبات بأبعاده المطلوبة، ولكن لا يكون مطابقاً في أبعاده للمصبوب، وللحصول على المصبوب بأبعاده الصحيحة يجب مراعاة خواص المعدن والاعتبارات الميكانيكية عند تقدير التسامح في أبعاد النموذج، فلذلك عند تصنيع النماذج يجب التقيد بالتسامحات الآتية:

3.4.1- تسامح الانكماش: (التقلص):

يتقلص المعدن خلال تجمده وتبريده وبالتالي تقل أبعاده (ومع أن التقلص يكون حجباً، إلا أنه يعبر عنه طولياً)، لذا فإنه يلزم لصانع النماذج عند تحضير النموذج حسب مخطط القطعة المطلوبة سباكتها، أن يعمل على زيادة جميع أبعاد النموذج الموضوع على الرسم بمقدار قيمة التقلص للمعدن الذي ستصب منه القطعة.

في الحياة العملية تحسب قيمة التقلص للمسبوكات بنسبة مئوية من أبعاد المسبوكة فمثلاً تقدر نسبة التقلص الطولي لحديد الصب الرمادي بحدود 1%.

ولحديد الصب المرن	من 1%	حتى 1.5%.
ولسبائك الفولاذ	من 1.5%	حتى 2%.
ومسبائك النحاس البرونز	من 1.25%	حتى 1.5%.
ومسبائك الألمنيوم	من 1	حتى 1.5%.

وتستخدم عند صناعة النماذج مساطر خاصة للتقلص تسمى مساطر التقلص تأخذ بعين الاعتبار مقدار التقلص.

وتضع هذه المساطر عادة للتقلصات: 1%، 1.25%، 1.5%، 1.75%، 2%.. إلخ.

مسطرة الانكماش (التقلص):

هي التي يستخدمها صانع النماذج وهي عبارة عن مقياس خاص يُغني عن العمليات الحسابية اللازمة لإيجاد مقدار التسامح في بعد معين، فمثلاً في مسطرة الانكماش ذات 8/1 بوصة يزيد طول كل قدم عن الطول الحقيقي بمقدار (8/1) بوصة. وكل قسم يزيد طوله بنفس النسبة عن الطول الحقيقي المناظر له.

في بعض الأحيان قبل صناعة النموذج المعدني يلزم صناعة نموذج خشبي له، ويلاحظ عند صناعة النموذج الخشبي إضافة مقدار الانكماش في كل من النموذج المعدني ومعدن المسبوكة المطلوبة كما هو الحال عند استعمال النماذج الأساسية.

فمثلاً لنموذج الألمنيوم المصنوع من نموذج أساس من الخشب يحتاج إلى تسامح كلي في أبعاد النموذج الخشبي مقداره 4/1 بوصة لكل قدم إذا كان المعدن المطلوب شبكة (صبّة) هو حديد الزهر الرمادي، وفي هذه الحالة يشمل التسامح الكلي في أبعاد النموذج الأساسي المصنوع من الخشب: مقدار تقلص النموذج المصنوع من الألمنيوم وكذلك أيضاً مقدار تقلص مصبوب حديد الزهر الرمادي.

2.4.3- تسامح التشغيل (إضافات التشغيل):

هو مقدار الإضافة على أبعاد المصبوب انتظاراً لعمليات التشغيل اللاحقة على آلات التشغيل، ويبين الجدول (1.3) إضافات التشغيل على النماذج حيث تعتمد هذه الإضافات على أبعاد المسبوك ونوع الإنتاج فردي أم كمّي، وعلى نوع المعدن المصنوعة منه المسبوك وعلى درجة تعقيد شكل المسبوك وعلى وضع المسبوك في القالب (حيث يحتاج السطح العلوي للمسبوك لإضافات أكبر بسبب وجود الخبث أو الرمل الذي يطفو على سطح السائل).

جدول (1.3) تسامحات التشغيل:

مخاليط المصبوغات	أبعاد النموذج بالميليمتر	سمك المعدن بالميليمتر قبل التشغيل	سمك المعدن بعد التشغيل بالميليمتر
1- حديد زهر رمادي	لغاية 305 من 610-330	3.2	2.4 3.2
2- فولاذ مصبوب	لغاية 305 من 610-330	4.8	3.21 4.8
3- الزهر القابل للطرق	لغاية 157 229-153	1.58	1.58 1.58
4- نحاس أصفر وبرونز	لغاية 305	2.4	1.58
5- خلائط الألمنيوم	610-330 مم 915-635 مم	4.8	3.2 4.8

3.4.3- ميل النموذج:

هو الميل الذي يسمح به في السطوح الرأسية للنموذج من أجل سهولة سحبه من الرمل دون الإضرار بسطوح فجوة القالب، والميل المعتاد للسطوح الرأسية في النماذج يساوي 16/1 بوصة لكل قدم (بحدود 1.58 مم لكل 300 مم).

أما النماذج التي ترفع ميكانيكياً فتحتاج إلى ميل قدره درجة بشرط أن تكون السطوح نظيفة، وفي حال وجود فجوات عميقة يجب أن يكون الميل أكبر تجنباً للأخطاء التي قد تتجم وتضيق النماذج المعدنية بميل (بسلبية) (0.5-1) درجة.

3.4.4- التفاوت (تفاوت المقاس):

هو الاختلاف الذي يُسمح به في أبعاد مصبوب معين وهو يساوي الفرق بين النهاية الصغرى والكبرى للقياس التي تحتاج إلى أقل تفاوت ممكن، وكقاعدة عامة يجب أن يكون التفاوت مساوياً على الأقل لنصف التسامح الخاص بالانكماش.

3.4.5- التجاوز المسموح به الخاص بالتشوه:

تتشوه أحياناً بعض المصبوبات مثل الألواح المسطحة الكبيرة الحجم والمصبوبات التي على شكل حر U عند إنتاجها بواسطة نماذج مستقيمة. وفي هذه الحالة يراعى عمل النموذج بحيث يكون مشوهاً في عكس اتجاه تشوه المصبوب وذلك ليأخذ المصبوب الشكل والحجم الصحيح.

3.5- وظيفة النماذج:

الغرض الأساسي من النماذج هو استخدامها في صناعة القوالب، فإذا أريد إنتاج مصبوب جيد بحيث يكون ملائماً لإجراء عمليات أخرى عليه بعد صبه أصبح للنموذج وظائف أخرى إلى جانب استخدامه في عمل فجوة القالب، ويمكن تلخيص هذه الوظائف الأخرى كالآتي:

1- تشكيل فجوة لنظام صب المعدن: الطريقة العملية لتشكيل مصبات المعدن في السباكة تتطلب بصفة عامة أن تكون القنوات وأحواض المصببات اللازمة لصب المعدن في فجوة القالب متصلة بالنموذج.

2-تحديد السطح الفاصل للقالب: يحدد السطح الفاصل للقالب في حالة استخدام النماذج ذات الألواح أو النماذج ذات النصفين العلوي والسفلي.

3-عمل طابعات دلائل النواة (تشكيل فجوة لحماية النواة): عندما يحتاج المصبوب إلى استعمال نواة يُعمل حساب ذلك بوضع طابعات لدلائل النواة في النموذج، والدلائل هي عبارة عن أجزاء من النموذج تستخدم لارتكاز النواة في وضعها الصحيح داخل فجوة القالب، وطابعات دلائل النواة في النموذج لا تظهر عند إنتاج المصبوب لأنها تكون مملوءة بالرمل.

4-التقليل من عيوب الصب التي تُنسب إلى النموذج: النماذج النظيفة وجيدة التصميم وذات السطوح الملساء، ضرورية للحصول على مصبوبات جيدة، والعكس صحيح.

5-استخدام النموذج في عمل القالب والنواة: في بعض الأحيان، تستخدم نماذج مجوفة لعمل القالب والنواة في آن واحد، في هذه الحالة تثبت النواة في موضعها بواسطة الرمل المكبوس حولها.

6-الاقتصادية في عمل القالب: يجب صناعة النموذج بطريقة تكفل التوفير ما أمكن من تكاليف المصبوب.

الفصل الرابع

النواة وصندوق النواة

1- أهمية وظيفة النواة.

2- مواد صنع النوى.

3- صناديق النوى.



النواة وصندوق النواة

1.4- أهمية ووظيفة النواة:

تصنع نماذج المصبوبات البسيطة من قطعة واحدة، ولكن كثيراً ما تكون المصبوبات معقدة تحتوي على فجوات، وأقنية وثقوب فيصعب تشكيلها من قطعة واحدة، لذا يلزم تثبيت النوى في موضع هذه الفجوات داخل القالب وتركها فيه إلى أن تنتهي عملية الصب.

القلوب (النوى) هي أجسام مختلفة الأشكال تصنع غالباً من الرمل وتشكل حدود المصبوب التي لا يمكن صبها بواسطة النموذج، إذ أنه بسحب النموذج من القالب لا يتحد سوى محيط الشكل الخارجي للمصبوب لذلك فإن تكوين التجاويف الداخلية يعتمد أساساً على القلوب التي يمكن إدخالها في القوالب المعدة للأشكال الخارجية للمصبوبات.

واستخدام القلوب في تشكيل التجاويف المعقدة، يُسهل استخدام طريقة الصب في إنجاز أكثر الأشكال تعقيداً، وإنتاج أشكال يكاد يتعذر الحصول عليها باستخدام آلات التشغيل أو بطرائق الإنتاج الأخرى.

2.4- مواد صنع النواة (القلوب):

قد تكون القلوب جافة أو رطبة، وهي بنوعها جافة أو رطبة تصنع من الرمل ومادة رابطة، والرمل المستعمل عادة رمل الكوارتز أو الرمل الذي يحتوي على نسبة مرتفعة من السليكا، أما المواد الرابطة فهي مواد عضوية كالزيوت وأنواع معينة من الدقيق والدكسترين والمولاس وغيرها، وهي التي سبق ذكرها في المواد الرابطة، تعمل المواد الرابطة على تماسك حبيبات الرمل وتكسبه متانة ومقاومة للتآكل والانكسار، وبما أن متانة النواة تنشأ عن المواد الرابطة، لذلك يجب أن تعطى هذه المواد للرمل قابلية التحطم بعد عملية صب المعدن المنصهر في القالب، وينشأ هذا عن تفكك المواد الرابطة أو عن احتراقها وتلاشيها بعد تعرضها لحرارة المعدن المصبور.

تصنع القلوب الصغيرة من الرمل الرطب، وهي أقل مقاومة للتحطم من القلوب المجففة، لذلك فهي تقوى بقضبان معدنية خشنة السطوح، أما القلوب الكبيرة فتصنع من الرمل الجاف وتقوى بتسليحها بأسلاك معدنية تصنع على شكل هيكل معدني.

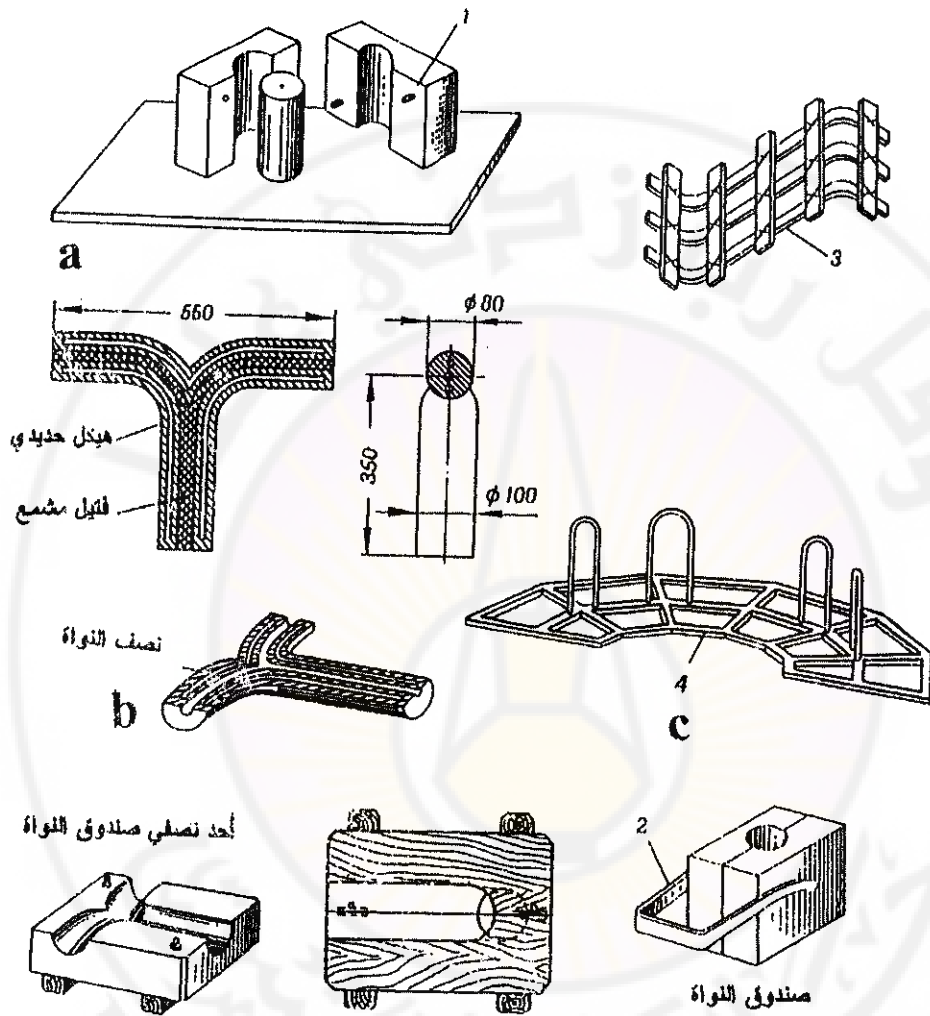
3.4- صناديق النواة (القلوب) Core Box:

عند صب المعدن المصهور في القالب تحاط النواة من جميع الجهات بالمعدن المصهور باستثناء دليل النواة، لذلك تتعرض النواة عند وضعها في القالب لقوى الانحناء تحت تأثير وزنها الذاتي وتحت تأثير ضغط المعدن المصهور عليها (دافعة أرخميدس)، كذلك يجب أن تجهز النواة بحيث تكون متينة وتتمتع بنفاذية للغازات أكثر من مادة القالب، تصنع النواة في صناديق النواة إما يدوياً أو آلياً.

تستعمل صناديق النوى لتصنيع النواة ذات المقطع الدائري أو البيضاوي أو المستطيل، وكما موضح على الشكل (1.4-a) حيث يتكون الصندوق من نصفين وتوصل أو تثبت بواسطة دسر وتربط معاً بشكل جيد بواسطة قامطة (2)، ويوضع الصندوق على لوح من الخشب ويرك فيه الرمل الخاص بالنوى من الأعلى، ثم تنزع القامطة ويُبعد نصفي الصندوق عن النواة برفق.

وعند تجهيز النوى ذات الشكل الأكثر تعقيداً شكل (1.4-b)، يرك الرمل على حدة في كل من نصفي الصندوق، وبعد تجفيف كل من نصفي النواة يُلصق هذان النصفان بواسطة معجونة النواة الخاصة.

ولرفع متانة النوى البسيطة أو المعقدة الشكل تزود هذه النوى بأسلاك تقوية بسيطة أو بهيكل معدني وأساس هذا الهيكل المعدني عبارة عن إطار حديدي ملحوم 3 شكل (1.4-c).



شكل رقم (1.4) صندوق النوى وبعض أشكال النوى.

- a- نواة أسطوانية بسيطة، b- نواة مقعدة الشكل بهيكل، c- هيكل تغطية معدنية للنواة،
 1- صندوق النواة موصلًا بسلك النوى، 2- صندوق النواة مربوطاً (بمقمت) مضاعف،
 3- هيكل مسبوك من الزهر، 4- هيكل حديدي ملحوم من الحديد.



الفصل الخامس

تشكيل القوالب الرملية اليدوية

- 1- العوامل الأساسية التي يجب مراعاتها عند صهر وتنقية وصب المعدن السائل.
- 2- أنواع القوالب الرملية اليدوية.
- 3- بعض الأمثلة على تشكيل القوالب الرملية اليدوية.
- 4- طرائق تثبيت النواة داخل فجوة القالب.



تشكيل القوالب الرملية اليدوية

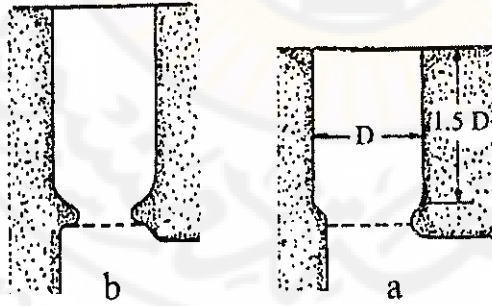
القوالب هي الوسيلة التي تتم بواسطتها في المسبك الحصول على المسبوكات المطلوبة، وللحصول على مسبوكات تفي بالشروط الاستثمارية لا بد من الأخذ ببعض العوامل التي يلزم مراعاتها عند تصميم القوالب وهي:

آ- ميكانيك تجمد المعدن:

يجب أن يُعرف طريقة تجمد المعدن والتقلص الحجمي المصاحب لعملية التجمد في القالب المعد له وذلك من أجل وضع الموضعات (المغذيات) في أماكنها المناسبة.

تعريف الموضع (المغذي): وهو عبارة عن مستودع للمعدن السائل وهذا المستودع يقوم بتغذية المسبوكة بالمعدن خلال تجمدها ليعوض النقصان الحجمي للمعدن، ومن ثم تنتقل الفجوة من المسبوكة إلى الموضع، إذا فالمعدن السائل ينتهي تجمده في الموضع والشرط الأساسي للموضع أن يتجمد بعد تجمد المسبوكة.

تعتبر الموضعات التي لها رأس كروي وجسم أسطواني ذات الشكل الأمثل، أما من حيث التوضع فتفضل الموضعات العليا والقصيرة على مثيلاتها من الأنواع الأخرى وإذا كان قطر الموضع (D) فيجب أن لا يتجاوز ارتفاعه (1.5D). ويوضح الشكل (1.5) التصميم الصحيح والخاطئ للموضع.



شكل رقم (1.5) التصميم الصحيح والخاطئ للموضع
a- تصميم صحيح، b- تصميم خاطئ

ب- النقل الحراري خلال التجمد:

بعد فهم عملية التجمد نستطيع أن ندرس التحكم بفجوات التقلص وذلك بتطبيق مبادئ النقل الحراري حسب تصميم المسبوكات وحجمها ، وهذا يستوجب تغيير التدرج الحراري للمسبوكة وذلك باستعمال المرصفات أو باستعمال المبردات التي تسرع في عملية التجمد للمعدن السائل في بعض مناطق القالب.

ج- جريان المعدن السائل:

يجب تصميم قنوات تغذية المسبوكة بحيث نضمن امتلاء فجوة القالب قبل تجمد المعدن داخلها وكذلك يجب أن لا تتشكل اضطرابات في المعدن السائل ضمن قنوات التغذية أثناء إملأه القالب حيث هذا الاضطراب يساعد على تشكيل أكاسيد وخبث وفقااعات هوائية في المعدن السائل ومن ثم في المسبوكة.

د- الإجهادات في المعدن في الحالة الصلبة:

بالرغم من الحصول على مسبوكات جيدة خالية من العيوب فإن التدرج الحراري خلال تجمد المسبوكة يمكن أن يحدث إجهادات كبيرة في المسبوكة تسمى بالإجهادات الحرارية، وهذه الإجهادات تشكل شقوقاً ساخنة أو كسور باردة للمسبوكة، يمكن معالجة هذا العيب بتغيير شكل المسبوكة (تغيير التصميم) أو تغيير تصميم القالب.

هـ- الإجهادات الحرارية المتبقية في المسبوكة:

يمكن للتدرج الحراري في المسبوكة أن يولد إجهادات حرارية في المسبوكة الباردة، وخاصة في بعض مناطق الارتباط لهياكل أجزاء الآلات المسبوكة، حيث يمكن أن يتولد في هذه المناطق إجهادات شد متبقية مؤثرة وتضاف إلى الأحمال التصميمية، ومن المهم جداً التخلص من هذه الإجهادات أو تحويلها إلى إجهادات مفيدة.

و- مادة القالب وطريقة إنتاجها:

عند التصميم يجب مراعاة مادة القالب وكذلك طريقة الإنتاج التي توفر المنتج بشكل اقتصادي وبأقل التكاليف مع الأخذ بعين الاعتبار شكل المنتج.

1.5- العوامل الأساسية التي يجب مراعاتها عند صهر المعدن السائل وصبيه:

من أساسيات السباكة هو الاختيار الأمثل لطرق صهر المعدن السائل وصبيه وهذا يستوجب دراسة وافية للموضوعات الآتية:

أ- الغازات في المعدن:

تحدث المسامية في المسبوكات عادة من الغازات المنحلة في المعدن السائل تنصف بقلة الانحلال بالمعدن الصلب، (حيث تنخفض انحلالية الغازات بانخفاض درجة الحرارة، وهكذا تنتج فقاعات مسببة فجوات مسامية في المسبوكات، وهذه الفجوات المسامية تؤثر بشكل سلبي على جودة المسبوكات ومتانتها.

ب- التحكم بتركيب المعدن:

وذلك بالاختيار المناسب لشحنة فرن الصهر من الخردة ومن مساعدات الصهر وذلك لاقتصادية الإنتاج والحصول على مسبوكات متينة وجيدة.

ج- الاختيار الجيد لفرن الصهر والتحكم به:

يجب اختيار بوتقة الصهر بحيث لا تتفاعل مع المصهور وكذلك فرن الصهر يجب أن يحقق الشروط المطلوب للخليطة المعدنية ذات التركيب المطلوب.

2.5- أنواع القوالب الرملية اليدوية:

تستخدم في تشكيل القوالب أنواع مختلفة من الرمال، وأيا كانت أنواع الرمال ودرجة تباينها يجب أن تتوفر فيها الخواص التي تم ذكرها سابقا في الفصل الثاني، لكي تصلح لأغراض التشكيل في المسبك.

ويمكن تقسيم القوالب الرملية طبقا لنوع الرمل المستعمل في صنعها إلى ما يلي:

أ- قوالب الرمل الرطب (الأخضر).

ب- قوالب الرمل الجاف.

ج- قوالب الرمل الإسمنتي.

ء- قوالب مجهزة في حفر في أرضية المسبك.

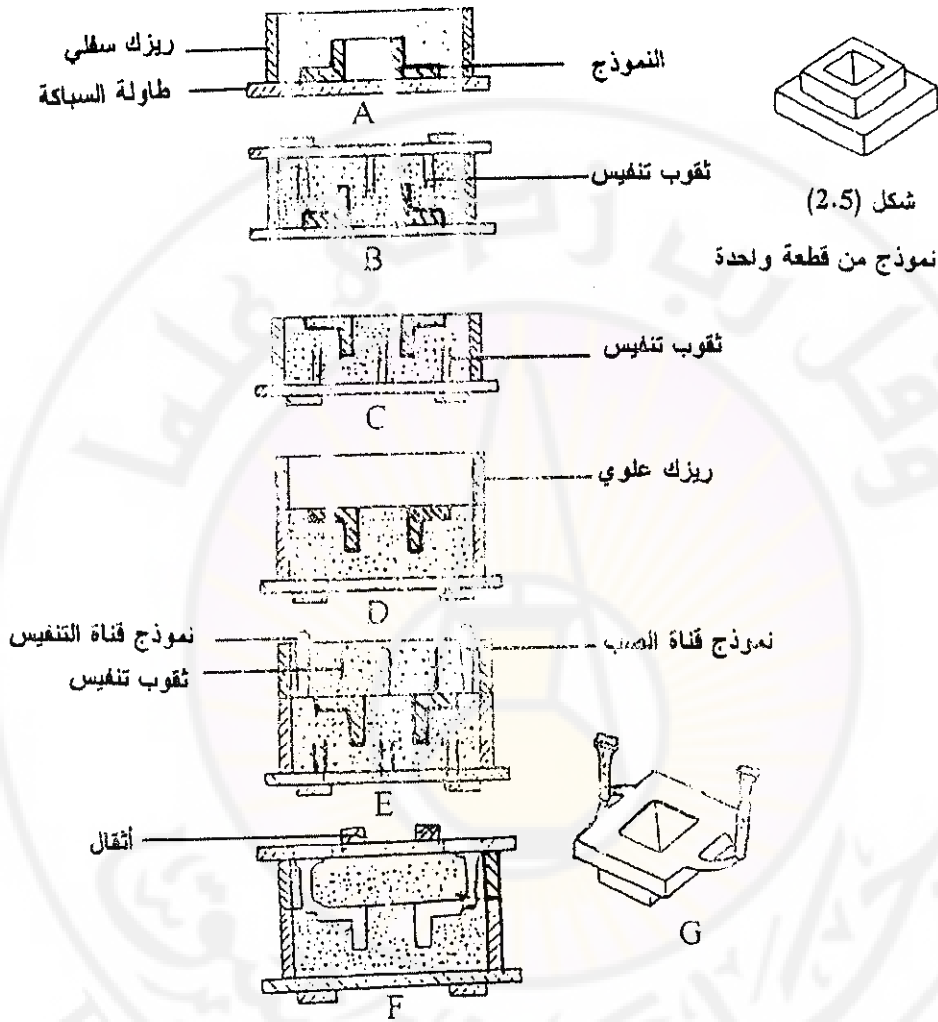
هـ- قوالب الرمل والماء الزجاجي (رمل سليكات الصوديوم).

يعتبر تشكيل قوالب الرمل الرطب أكثر عمليات السباكة بالرمل انتشاراً وتختلف قوالب الرمل الرطب باختلاف أشكال النماذج ودرجة أو مستوى تعقيد تصميمها وسندرس الأمثلة الآتية لإيضاح بعض أنواعها:

1.2.5- تشكيل قالب لنموذج من قطعة واحدة (يستخدم تجويفه لإعداد النواة):

يبين (الشكل 2.5) المسبوك المراد إنتاجها، وبما أن ثقب المسبوك كبير وارتفاعها قليل فيمكن استخدام النموذج لإنتاج النواة والقالب، يستخدم في عملية الإنتاج للقالب الرملي نموذج مؤلف من قطعة واحدة وشكله مماثل للشكل المسبوك المراد إنتاجها مع الأخذ بعين الاعتبار تسامحات النموذج التي مرت معنا سابقاً من سلبية لأسطح النموذج الموازية لاتجاه سحب النموذج من الرمل وتسامح الانكماش.

وفيما يلي مراحل إنتاج القالب الرملي، كما هي موضحة على الشكل (3.5):



شكل رقم (3.5) تشكيل قالب للنموذج من قطعة واحدة ويستخدم تجويفه لإعداد النواة

- 1- يوضح النموذج مستنداً بقاعدته الكبيرة على طاولة السباكة ومحاط بالريزك السفلي، ثم يرش النموذج وسطح الطاولة برمل الفصل وذلك لمنع التصاق النموذج بالرمل، ينخل الرمل السباكة المحضر سابقاً فوق النموذج ويرك حتى

يتملى الريزك بالرمل، ويقشط السطح العلوي للريزك وتتقب ثقوب التنفيس مع الانتباه أن لا تصل الثقوب إلى سطح النموذج شكل (3.5 - A و B).

2- يقلب الريزك السفلي 180° ويوضع الريزك العلوي ثم يوضع نموذج قناة الصب وقناة التنفيس وترش السطوح برمل الفصل ثم يدخل رمل السبابة المحضر سابقاً فوق النماذج ويرك وذلك حتى يتملى الريزك العلوي بالرمل ويقشط السطح العلوي وتتقب ثقوب التنفيس وكما هو موضح على الشكل (3.5 D و E).

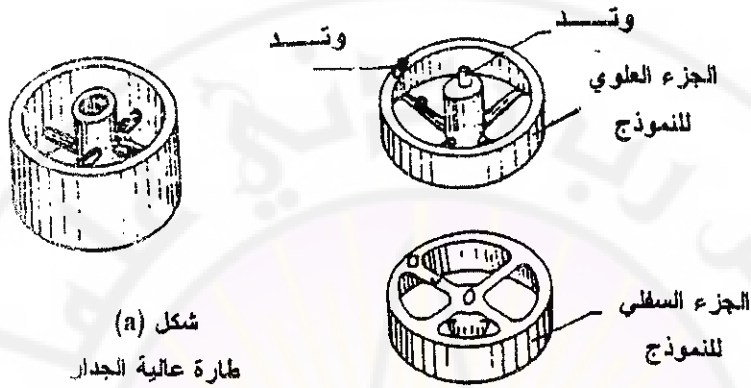
3- يفصل جزئي القالب (أي يفصل الريزك العلوي عن السفلي) ثم يلحاح النموذج بطرقات خفيفة بكل الجهات، ويرفع النموذج خارج القالب وترش الفجوة بالغرافيت.

4- يقلب القالب ويوضع ثقل على الريزك العلوي لمنع رفعه تحت تأثير الضغط الهيدروليكي للمعدن وستعرض لحساب الوزن الواجب إضافته إلى الريزك العلوي لاحقاً، كما يوضح الشكل (3.5 - F).

5- يصب المعدن في القالب وبعد التجمد تخرج المسبوكة وكما يوضح الشكل (3.5 - G)، ويقطع نظام الصب وتنظف وتفحص المسبوكة.

2.2.5- تشكيل قالب لنموذج يمر سطح الفصل في منتصفه:

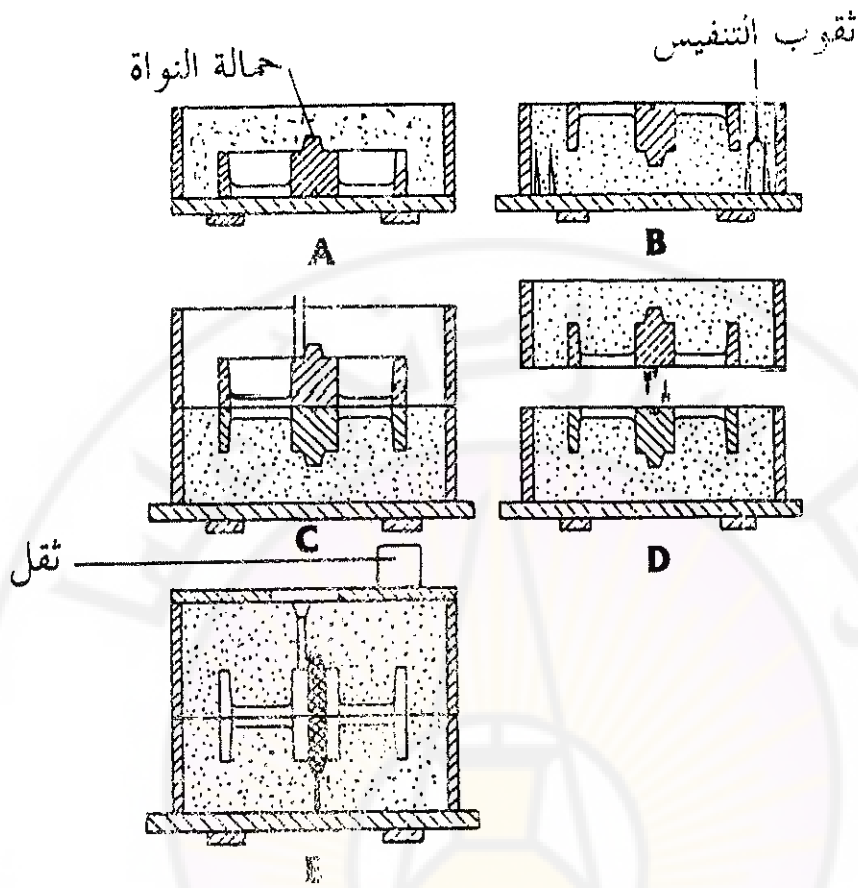
يبين الشكل (4.5) المسبوكة المراد إنتاجها (4.5 - A) ونظراً لوجود الأعصاب في منتصف المسبوكة فإن سطح الفصل حتماً سيمر في منتصف الأعصاب كما يجب استخدام وسيلة لربط نصفي النموذج ومنع نصفي النموذج من الدوران أو الإزاحة بالنسبة لبعضهما البعض لذلك تستخدم أوتاد وثقوب للتثبيت ويوضع أحدهما في المنتصف والأخرى على المحيط كما هو موضح على الشكل (4.5 - B).



شكل رقم (4.5) مسبوكة دولا ب (طارة)

ولإنتاج الثقوب الداخلي للمسبوكة نستخدم نواة ويزود النموذج بحمالات نواة. مراحل تشكيل القالب الرملي هي كالتالي:

1- يوضع الجزء السفلي للنموذج عل الطاولة مستنداً إلى سطح الفصل ويرش رمل الفصل ثم يملأ الريزك بالرمل ويرك وتثقب ثقوب التنفيس كما موضح على الشكل (5.5 A و B).

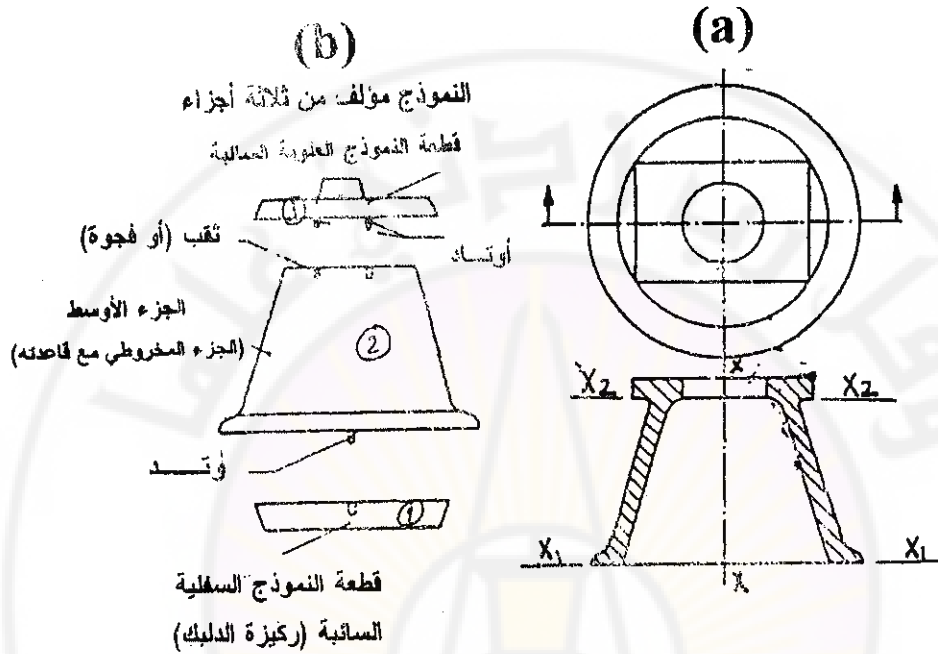


شكل رقم (5.5) قالب لنموذج يمر سطح الفصل في وسطه

- 2- يقلب الريزك السفلي 180° ويوضع الجزء العلوي للنموذج فوق الجزء السفلي للنموذج ويوضع الريزك العلوي فوق السفلي مع وضع نموذج قناسة الصب، ويرش رمل الفصل ثم يملأ الريزك العلوي بالرمل ويحفر قمع لصب ويسزال نموذج قناة الصب وكما هو موضح على الشكل (C-5.5).
- 3- يفصل جزئي القالب، وبطرق خفيفة يلحاح النموذج وتسحب أجزاء النموذج كما هو موضح على الشكل (D-5.5).
- 4- توضع النواة الرملية في مكانها ويقلل القالب وتوضع أوزان فوق الريزك العلوي ويصبح القالب جاهزاً لعملية الدسب كما هو موضح على الشكل (E-5.5).

3.2.5- تشكيل قالب لنموذج مؤلف من ثلاثة أجزاء:

الشكل (a-6.5) يبين المسبوكة المراد إنتاجها والنموذج اللازم.



شكل (6.5) المسبوكة والنموذج اللازم لإنتاجها والمؤلف من ثلاثة أجزاء.

a- مسبوكة قاعدة ماكينة، b- نموذج لقاعدة ماكينة

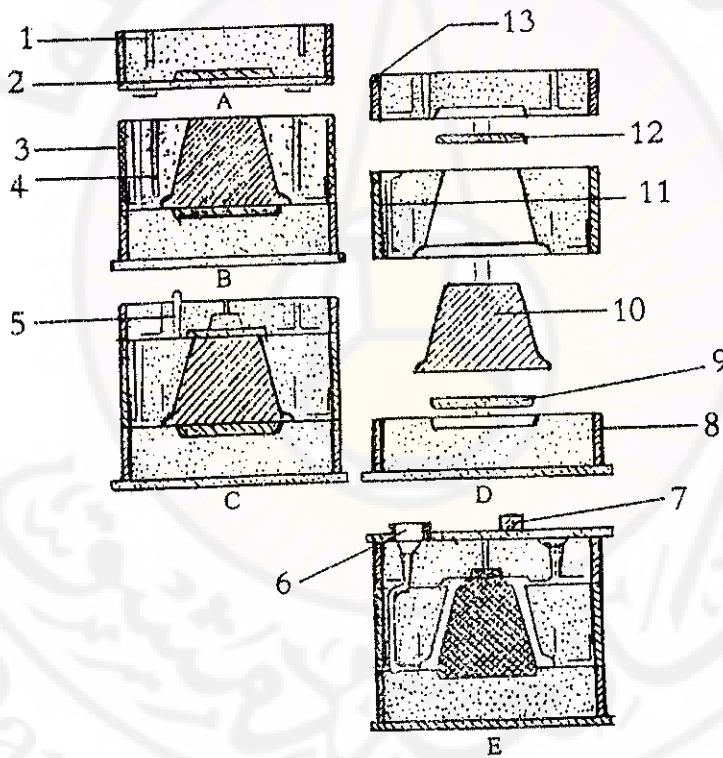
يتم تصميم النموذج المناسب للتصنيع باختيار مستويات الفصل للنموذج ومن ثم عدد قطع النموذج باختيار مستوى الفصل xx، المبينة بالشكل (a-6.5) يكون النموذج مؤلف من قطعتين ويمكننا إنتاج المسبوكة في وضع أفقي إلا أن في هذه الحالة النواة الكبيرة تصبح أفقية ومغمورة كلياً بالمعدن المصهور ومحملة من طرفيها وهذا يؤدي إلى مسوبة في الإنتاج، لذلك يفضل أن تكون النوى وبخاصة الكبيرة ذات توضع شاقولي، وحتى نتوضع النواة شاقولياً نختار مستويين للفصل وهما: (X1 X1) و(X2 X2) ويكون النموذج المستخدم في التصنيع مؤلفاً من ثلاثة قطع (أجزاء).

الجزء الأول (1): هو عبارة عن حمالة النواة ويعتبر الجزء السفلي للنموذج.

الجزء الثاني (2): هو عبارة عن الجزء المخروطي مع قاعدته ويعتبر الجزء الأوسط.
الجزء الثالث (3): هو القاعدة العلوية المربعة الشكل مع حمالة النواة (الجزء العلوي)
ويوضح الشكل (b-6.5) النموذج المستخدم.

مراحل تشكيل القالب الرملي كالتالي:

1- يوضح الجزء الأول للنموذج على الطاولة مستنداً إلى سطح الفصل ويحاط بالريزك السفلي ويرش رمل الفصل وينخل رمل السبابة المحضر سابقاً ويرك حتى يملأ الريزك السفلي ويقشط السطح العلوي وتغلب ثقوب التنفيس وأحياناً تغلب تهوية النواة، كما يوضح على الشكل (A-7.5).



شكل (7.5) مراحل تشكيل القالب الرملي لنموذج مؤلف من ثلاثة أجزاء.

1- ثقوب تنفيس، 2- ريزك سفلي، 3- الريزك الأوسط، 4- ثقوب تنفيس، 5- نموذج قناة الصب،
6- قمع الصب، 7- ثقل، 8- الريزك السفلي عند سحب قطعة النموذج، 9- سحب القطعة
الوسطى للنموذج من الريزك الأوسط، 10- سحب القطعة السفلية للنموذج من الريزك السفلي.

2- يقلب الريزك السفلي 180° يوضع الجزء الثاني للنموذج فوق الجزء الأول ويوضع الريزك الأوسط، ويجب أن يكون ارتفاع الريزك الأوسط مساوياً لارتفاع الجزء الثاني للنموذج، ثم يوضع نموذج قناة الصب ويملاً الريزك بالرمال ويرك وتنقب تقوب التنفس شكل (B-7.5).

3- يوضع الجزء الثالث للنموذج فوق الجزء الثاني ويوضع الريزك العلوي ونموذج قناة الصب وقناة التنفس ويرش رمل الفصل ويملاً الريزك بالرمال ويرك وتنقب تقوب التنفس وتنقب تهوية النواة ويوسع قمع الصب وقمع لقناة التنفيس، ويسال نموذج قناة الصب وقناة التنفيس شكل (C-7.5).

4- نضع الريزك العلوي والأوسط على الطاولة ثم يتم سحب النماذج بدقة من الريزك وإصلاح التهدمات في فجوة القالب إن وجدت شكل (D-7.5).

5- يتم تجميع أجزاء القالب الثلاثة بعد وضع النواة في مكانها الصحيح ويقفل القالب ويوضع ثقل على الريزك العلوي إذا تطلب ذلك لمقاومة قوة الرفع المعدن شكل (E-7.5) وعندها يصبح القالب جاهزاً لعملية الصب.

4.2.5- تشكيل قالب على أرضية المسبك باستخدام النموذج الموديل القابل للدوران حول محور (الشابلونة):

تستخدم هذه الطريقة لإنتاج المسبوكات كبيرة الحجم التي يتراوح وزنها من طن إلى 100 طن، فعندما يكون النموذج كبير الحجم بحيث يتعذر وضعه في الريزك يجهز القالب في أرضية المسبك ضمن حفرة تبطن بالخرسانة، وغالباً ما تستخدم هذه الطريقة لإنتاج الأشكال الدورانية كالتقريب والأجراس، ويبين الشكل (A-8.5) المسبوكة المراد إنتاجها وهي بشكل قبة.

النموذج المستخدم في الإنتاج هو النموذج الموديل (الشابلونة) رقم (4) ورقم (6) حيث النموذج الموديل (الشابلونة) رقم (4) عبارة عن صفيحة بشكل نصف المحيط الخارجي لمسقط المسبوكة وهي تمثل النموذج الموديل للسطح الخارجي

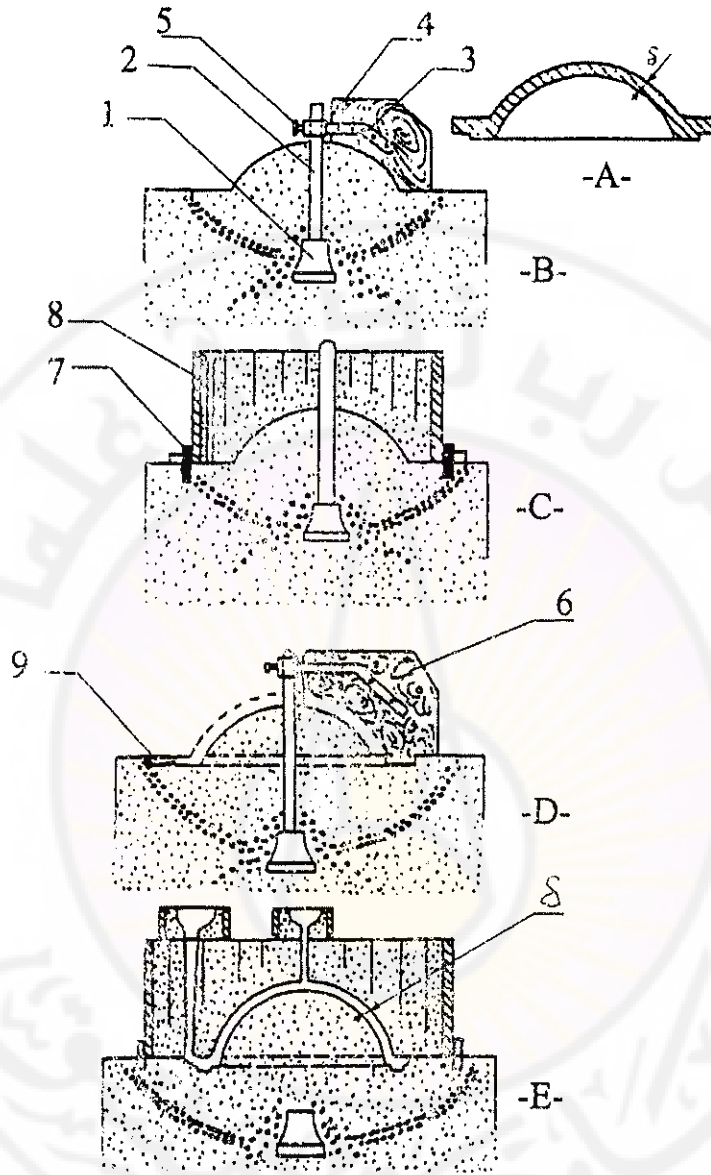
للمسبوكة، بينما النموذج الموديل (الشابلونة) رقم (6) فهي صفيحة بشكل نصف المحيط الداخلي لمسقط المسبوكة، وتكون مراحل تشكيل القالب الرملي كالآتي:

1- يتم تشكيل فرشاة على سطح أرضية المسبك أو في حفرة أرضية المسبك وذلك بوضع طبقة من الفحم ووضع قاعدة إدارة المحور مع المحور وأحياناً توضع أنابيب للتهوية. يتم وضع رمل السباكة فوق الفحم والقاعدة ويرك هذا الرمل بشكل قبة حول المحور، يوضع النموذج الموديل (الشابلونة) رقم 4 ويدار حول المحور ليقتطع الرمل ويشكل السطح الخارجي للمسبوكة على رمل الأرضية شكل (B-8.5).

2- يزال النموذج الموديل (الشابلونة) رقم 4 ويوضع الريزك العلوي المحدد مكانه بواسطة الأوتاد (7) ويوضع نموذج قناة الصب ويرش رمل الفصل ويوضع الرمل المحضر سابقاً ويرك في الريزك العلوي وتغلب تقوب التنفيس ويحفر قمع الصب ويزال نموذج قناة الصب شكل (C-8.5).

3- يزال الريزك العلوي من على الأرضية على أن تبقى الأوتاد في مكانها ثم يركب النموذج (الشابلونة) (6) ويغرس في الرمل بسماكة تساوي سماكة المسبوكة (8). يدار النموذج الموديل حول المحور ليقتطع الرمل ويشكل على رمل الأرضية، السطح الداخلي للمسبوكة وتحفر قناة التغذية شكل (D-8.5).

4- يرفع النموذج الموديل (الشابلونة) (6) ويرفع المحور ويسد التقب المشكل بالمحور وتطلى الفجوة بالطلاء المناسب ويعاد الريزك العلوي إلى مكانه المحدد بالأوتاد وتوضع أوزان على هذا الريزك ويكون القالب جاهزاً لعملية الصب، كما يوضح الشكل (E-8.5).



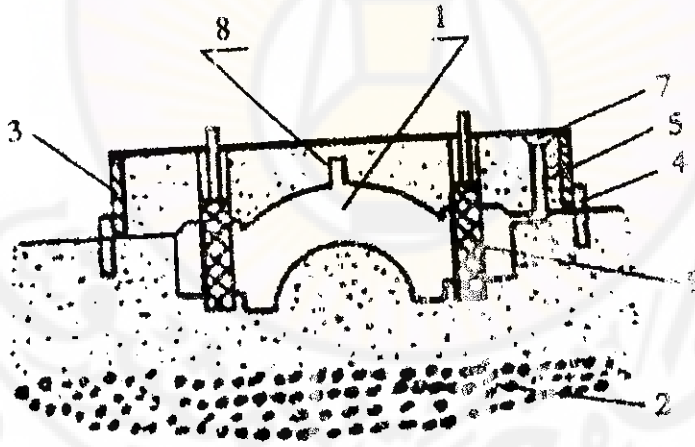
شكل رقم (8.5) تشكيل قالب لقبة على أرضية المسبك

1- قاعدة تثبيت، 2- محور رأسي، 3- ذراع تثبيت القوامة على المحور، 4- قوامة تكوين السطح العلوي (شيلولة)، 5- حافة زلق، 6- قوامة تكوين السطح السفلي، 7- وتد، 8- الريزك العلوي، 9- قناة التغذية، δ - سماكة المسبوك.

5.2.5- تشكيل قالب على أرضية المسبك باستخدام النموذج المفرد:

تستخدم هذه الطريقة لإنتاج المسبوكات كبيرة الحجم وذات الشكل غير دوراني وهي مماثلة الطريقة اليدوية لإنتاج القوالب بـريزكين إلا أننا سنحوس الريزك السفلي بأرضية المسبك وبين الشكل (9.5) قالباً مشكلاً بهذه الطريقة وهو عبارة عن جسم المضجع كبير، كما يمكن استخدام هذه الطريقة لإنتاج المحركات الكبيرة وهياكل آلات التشغيل والمكابس ويتم إنتاج المضجع كالآتي:

يوضع النموذج (1) فوق طبقة من أحجار الكوك (2)، ويرش مركب الفصل على النموذج، ثم يوضع الريزك 3 فوق النموذج ويثبت عند أركانه أربعة أوتار 4، حتى يمكن بعد رفع الريزك عند انتهاء التشكيل أن يوضع في مكانه بالضبط لدى تجميع القالب من جديدة ويملا الريزك بالرمال المخصص لذلك، ويرك حسب المعتاد، يرفع الريزك بعد ذلك ويصنع فيه فتحة الصب (7) وقناة التغذية، وقناة التهوية (8)، يبلل حول النموذج ويلطخ ثم يرفع، وبعد إصلاح الأجزاء المنهارة إن وجدت وتعفير سطح القالب يجعل فيه النواتين 9 ويجمع من جديد ويصبح القالب جاهزاً لعملية الصب.

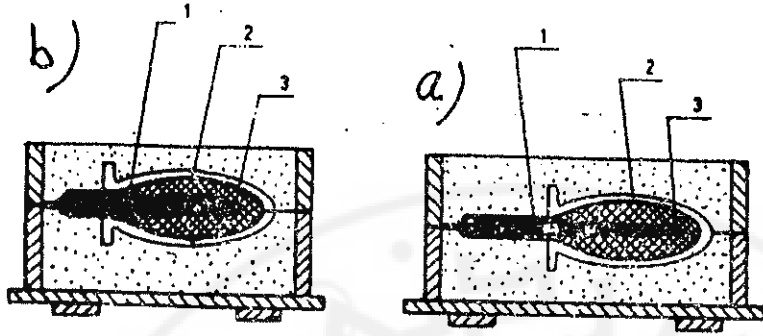


- شكل رقم (9.5) تشكيل قالب رملي على أرضية المسبك لسكب مضجع محور كبير
- 1- نموذج، 2- طبقة دعم الكوك، 3- ريـزك، 4- أوتاد لتحديد مكان الريزك،
 - 5- مجرى عمود الصب المنزل، 6- قناة التغذية العرضية، 7- حوض الصب،
 - 8- الصاعد (قناة تهوية)، 9- قلب (نواة).

3.5- طرائق تثبيت النواة داخل فجوة القالب:

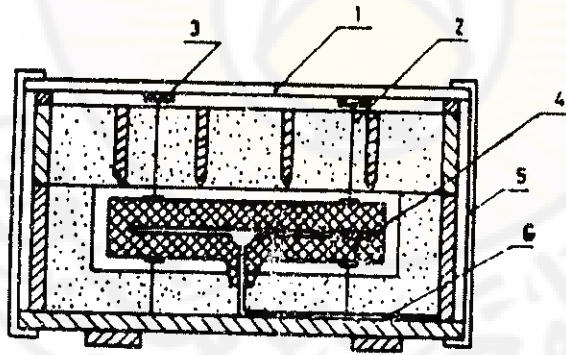
بعد تشكيل القالب وإعداد النواة يجمع القالب وتوضع النواة في مكانها المعد لها داخل القالب، فيصبح لدينا القالب الكامل جاهزاً لعملية الصب، إلا أن تركيب النواة في مكانها الصحيح والثابت لا يخلو من بعض المشاكل الفنية التي سنستعرض بعضها، حيث يؤثر على النواة لدى وجودها في مكانها في القالب وزنها الذاتي من جهة وقوة طفو المعدن من جهة أخرى (دافعة أرخميدس) لذلك يستخدم لسند النواة داخل تجويف القالب الرملي حمالات معدنية وهذه الحمالات تقوم كذلك بوظيفة التحكم بسمانة المسبوك، تحاط حمالات النواة المعدنية بالمعدن المصهور وتبقى هذه الحمالات ضمن معدن المسبوك، لذلك يجب أن تتوفر فيها خاصية الالتصاق والالتحام التام بمعدن المسبوك، لذلك تنظف الحمالات من الشحوم والأكاسيد السطحية وتطلى بمعدن القصدير لضمان التحامها بمعدن المسبوك، ويجب أن تكون حرارة انصهار معدن الحمالة أكبر من حرارة انصهار معدن المسبوك، توضع الحمالات في فجوة القالب بين النواة ورمل القالب، وإذا كان رمل القالب ضعيفاً عندئذٍ يستخدم رمل نواة ضمن رمل القالب لسند الحمالة وتقوية الرمل.

تحمل النواة في بعض الحالات بواسطة جوائز وأوتاد خاصة وتربط بأسلاك وأعمدة من خلال رمل القالب، وتبين الأشكال التالية بعض حالات تحميل النواة.



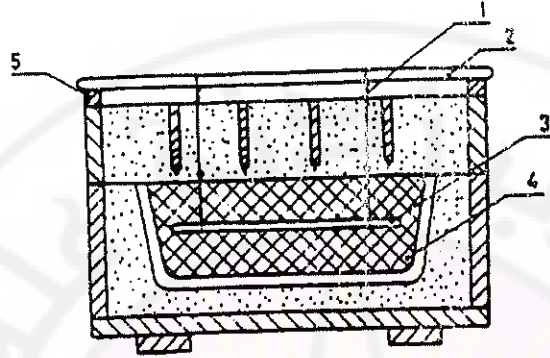
شكل رقم (10.5) بعض حالات تثبيت النواة.

- a- نواة لا تحتاج لحوامل لأن حمالة النواة كافية. 1- أعمدة تسليح، 2- دليك (نواة)، 3- مجرى تهوية.
- b- نواة تحتاج لحوامل بينها وبين رمل. 1- أعمدة تهوية وتسليح، 2- حمالات سائدة، 3- مجرى تهوية.



شكل (11.5) نواة بحوامل مع قضيب سند

- 1- قضيب لمسند حوامل الكبل، 2- حوامل، 3- أعقاد، 4- دليل (نواة)، 5- مشد، 6- مجرى تهوية



شكل (12.5) نواة معلقة بأسلاك

- 1- أسلاك التعليق،
- 2- قضيب التعليق،
- 3- عمود الدليل،
- 4- دليل (نواة)،
- 5- كتلة خشبية.



الفصل السادس

تشكيل القوالب والقلوب الرملية آلياً

- 1- أهداف وميزات تشكيل القوالب الرملية آلياً.
- 2- تصنيف معدات تشكيل القوالب الرملية آلياً وآلية عملها.
- 3- صنع القلوب (النوى) آلياً.
- 4- تجفيف القوالب والنوى.
- 5- أفران تجفيف القوالب والنوى.



تشكيل القوالب والقوالب الرملية آلياً

1.6- أهداف ومميزات تشكيل القوالب الرملية آلياً:

أصبح من الصعب على معدات السباكة اليدوية التقليدية، وخاصة بعد تطوير عمليات السباكة وازدياد الطلب على الميسوكات، أن تفي بمتطلبات الإنتاج، وأصبحت مكننة العمل واستبدال الأعمال اليدوية بأعمال آلية ضرورة ملحة، وهكذا أصبح استخدام الآلات في حقل السباكة يحقق جملة أغراض منها:

أ- ضغط أورك الرمل في القالب آلياً.

ب- قلب الصناديق (الريازك) الساندة آلياً.

ج- رفع أو سحب النموذج من القالب آلياً.

د- مناولة القالب في وضع مقل آلياً.

وتمتاز القوالب الرملية المصنعة باستخدام الآلات عن مثيلاتها المنتجة يدوياً بما يلي:

1- بنيتها أكثر تجانساً وانتظاماً.

2- قابليتها للنفادية أفضل بنتيجة البنية المنتظمة في القالب.

3- أكثر متانة.

4- قلة احتمال اعوجاجها أو تغيير أبعادها بسبب وزن المعدن.

وبذلك تكون مصبوبات القوالب الرملية المعدة باستخدام الآلات أكثر دقة، حيث يمكن إنتاجها في حدود تفاوتها ضيقة، ومن ثمّ يمكن خفض وزن المصبوبات والإقتصاد في الخامات المستخدمة. والزمن اللازم للتشكيل، إضافة إلى أن استخدام آلات تشكيل القوالب الرملية لا يحتاج إلى عمال مهرة وكفاءات فنية عالية.

2.6- تصنيف معدات تشكيل القوالب الرملية آلياً وآلية عملها:

تصنف آلات تشكيل القوالب الرملية آلياً كما يلي:

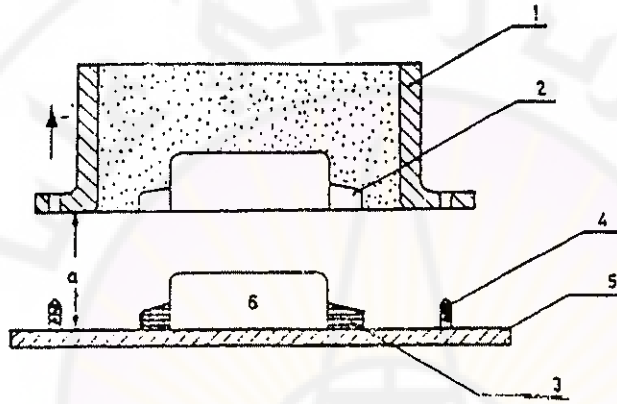
1- حسب طريقة إزالة النموذج من القالب.

2- حسب الكيفية التي يتم بها رك الرمل في القالب.

تصنف آلات تشكيل القوالب الرملية تبعاً لطريقة إزالة النموذج من القالب إلى النوعين التاليين:

1.2.6- آلات التشكيل الذي يرفع فيه الريزك عن النموذج:

تستخدم هذه الآلات للنماذج البسيطة الشكل والقليلة الارتفاع. والشكل (1.6) يبين مبدأ عمل هذه الآلية:

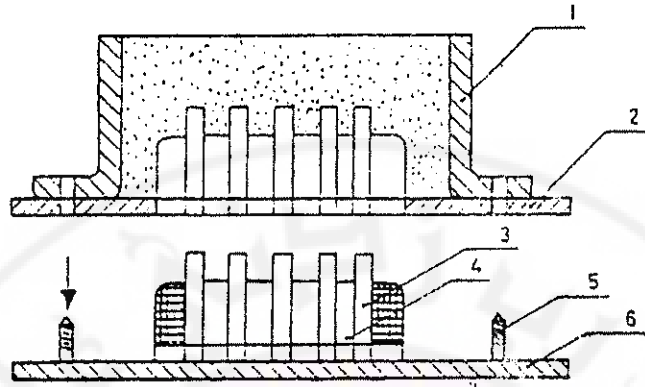


الشكل رقم (1.6) آلة تشكيل القوالب التي يرفع فيه الريزك عن النموذج.

- 1- صندوق تشكيل القوالب (الريزك).
- 2 مواطئ القلب - مكان استناد النواة.
- 3- القلب أو النوى.
- 4- مسمار تمرکز وثبيت.
- 5- لوحة نماذج،
- 6- النموذج،
- a- مسافة الرفع.

2.2.6- آلات تشكيل القوالب ذات لوح النزاع (سحب النموذج):

تستخدم هذه الآلات عندما يكون القالب عالي الارتفاع حيث توضع ألواح نزع بين الريزك ولوح النموذج لهذه الألواح تجاوبف مساوية لمحيط النموذج، وعند استعمالها يتم تعويض سماكة لوح النزاع برفع النموذج بمقدار السماكة، بعد تشكيل القالب يسحب النموذج من خلال لوح النزاع أو يرفع لوح النزاع والريزك عن النموذج، وعمل اللوح هو سند القالب بعد إزالة النموذج ومنع تكسر رمل القالب، ويبين الشكل (2.6) آلية عمل هذه الطريقة.



شكل رقم (2.6) آلة تشكيل القوالب ذات لوح النزاع

- | | | |
|-------------|-----------------|----------------|
| 1- الريزك. | 2- لوح نزاع. | 3- ضلوع. |
| 4- النموذج. | 5- مسمار تثبيت. | 6- لوحة نماذج. |

وتقسم آلات تشكيل القوالب الرملية بحسب طريقة رك الرمل المستخدم إلى الأنواع الآتية:

3.2.6- آلات تشكيل القوالب بالضغط (العلوية والسفلية):

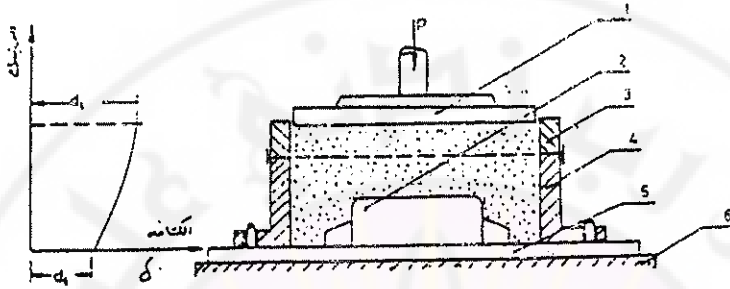
ويتم فيها ضغط رمل القالب وتكثيفه حول النموذج بواسطة قوة ضاغطة ويتم ذلك إما بالضغط العلوي أو بالضغط السفلي.

1.3.2.6- آلات تشكيل القوالب الرملية الضاغطة العلوية:

عند استخدام هذه الطريقة يستعمل رأس أو لوح ضاغطة تتفق أبعاده مع أبعاد الريزك، حيث يضغط الرأس الضاغطة على الرمل الموجود في الريزك حتى تصل كثافته إلى الدرجة المطلوبة، وتطبق قوة الضغط اللازمة لكبس الرمل إما يدوياً أو هيدروليكياً، أو بواسطة الهواء المضغوط.

ويوضح الشكل (3.6) آلية عمل الآلات الضاغطة العلوية، وتتلخص هذه العملية كما يلي: تثبت لوحة النماذج (5) على طاولة الآلة، ويركب عليها النموذج (2)، ثم يوضع الريزك 4 على اللوحة ويثبت بأوتاد، ويركب فوق ريّزك التشكيل

إطار مساعد (إطار الملء) 3، حيث يملأ الريزك وإطار الملء برمل السبابة ويضغط براس المكبس 1 فوقهما، ويستمر الضغط حتى يصل السطح لرأس المكبس إلى الطرف العلوي للريزك حيث يحدث أرك المطلوب.



شكل (3.6) الكبس العلوي

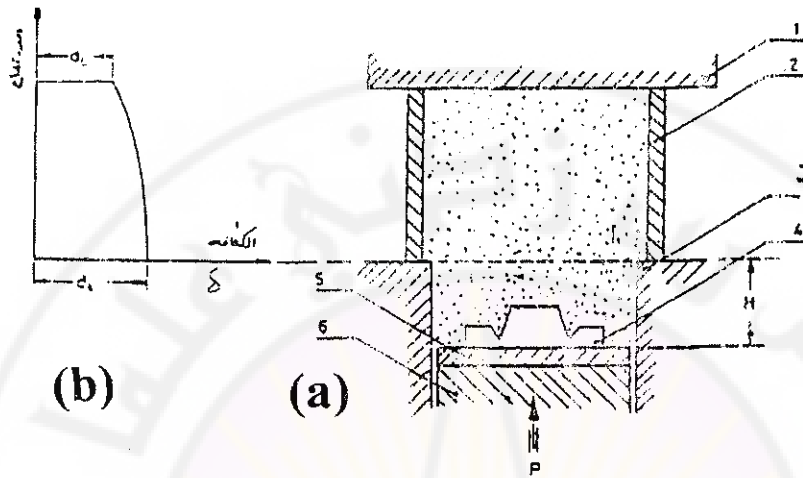
- 1- لوح الكبس.
- 2- نموذج.
- 3- ريزك تشكيل احتياطي (إطار الملء).
- 4- صندوق تشكيل القوالب.
- 5- مسند ثابت (لوحة النموذج).
- 6- منضدة الماكينة (الآلة).

تستخدم هذه الطريقة للريزك قليلة الارتفاع وللنماذج الصغيرة وذلك لأن كثافة الرمل حول النموذج تكون قليلة وكما يلاحظ من الشكل البياني أن كثافة الرمل تتناقص بالابتعاد عن أسفل سطح المكبس، وهذا يعني أن هناك عدم تجانس في بنية كثافة رمل القالب.

2.3.2.6 - آلات تشكيل القوالب الرملية الضاغطة السفلية:

آلية عمل هذه الطريقة مبينة على الشكل (4.6) حيث تتحرك المنضدة 6 داخل الإطار الثابت المحيط بها (3) كحركة المكبس داخل الأسطوانة وتكون لوحة النماذج قبل بدء عملية الكبس أسفل الطرف العلوي للإطار (3)، الذي يعمل كإطار ملء، يوضع الريزك (2) على الإطار الثابت (3) ويملاً حيز الريزك لارتفاع (H) من الإطار لتكثيف رمل الريزك، وبعد تحريك العارضة (1) حتى تضغط على الريزك ترفع المنضدة، إلى

الأعلى فتدفع الرمل من الإطار (3) إلى الريزك (2) من الناحية السفلية، ويجب أن يكون شوط (مشوار) المنضدة مساوياً بالضغط للارتفاع (H) بحيث ينطبق السطح العلوي للوحة النموذج عند انتهاء المكبس على سطح انفصال الريزك تماماً.



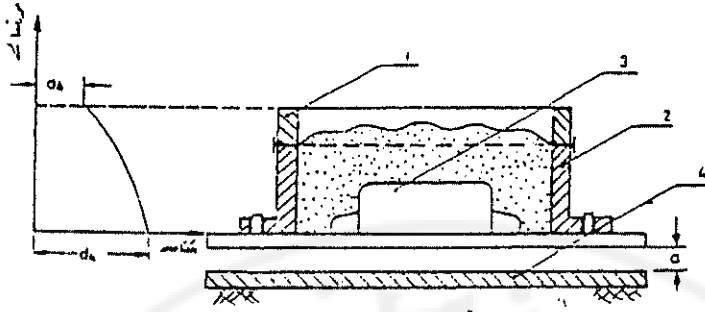
شكل رقم (4.6) الكيس السفلي

إن طريقة الضغط السفلي أفضل من طريقة الضغط العلوي وذلك للنماذج الكبيرة وذات الشكل المعقد لأن كثافة الرمل تكون جيدة حول النموذج كما يلاحظ على الشكل البياني (b) حيث إن كثافة الرمل تتناقص ابتعاداً عن سطح النموذج.

4.2.6 آلات تشكيل القوالب الرملية المتزازية:

يوضح الشكل (5.6) آلية عمل هذه الطريقة وفيها يوضع الريزك المحتوى على النموذج والمركب على لوحة النماذج على منضدة الآلة الهازة ويملاً بالرمل، ثم ترفع منضدة الآلة مع لوحة النموذج والنموذج، لا يزال بمكبس يعمل بالهواء المضغوط حتى (6) ضغط جوي وفي إلى ارتفاع يتراوح بين (30-80) مم، وفي الآلات الحديثة إلى ارتفاع بين (30-100) مم، ثم تترك المنضدة لتأثير ثقلها مصطدمة بالمسند الثابت.

وعند الاصطدام يمتص الرمل جزءاً من طاقة الصدم ويكتسب طاقة حركية معينة تعمل هذه الحركة التي تتكرر على فترات قصيرة لغاية (100) مرة بالدقيقة أو أكثر. مما يسبب رك الرمل في الريزك حول النموذج.



شكل رقم (5.6) آلة تشكيل اهتزازية

- 1- ريزك تشكيل القوالب الاحتياطي. 2- يزق أو (صندوق) التشكيل).
3- نموذج. 4- سند ثابت. a- مشوار الهز (الاهتزاز).

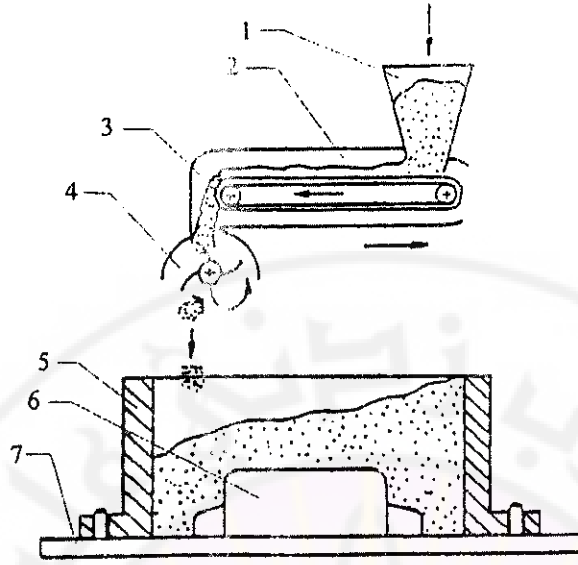
ومن عيوب هذه الطريقة تفاوت انضغاط الرمل على طول ارتفاع الريزك من ثم اختلاف كثافته وتكون أكبر كثافة للرمل تقع في قاع القالب (حول النموذج) وأقلها على الجزء العلوي للقالب ويبين الشكل (b) توزيع كثافة الرمل على طول ارتفاع الريزك.

5.2.6- آلات تشكيل القوالب الرملية الاهتزازية الضاغطة:

في الفقرة السابقة تبين أن كثافة الرمل في حالة الرك الاهتزازي قليلة عند السطح العلوي للقالب، ذلك لزيادة كثافة الرمل في السطح العلوي للقالب تزود آلات الرك الاهتزازية بلوح ضاغط حيث يضغط الرمل في أعلى القالب وذلك لزيادة كثافة الرمل عند السطح العلوي له.

6.2.6- الآلات القاذفة للرمل لتشكيل القوالب:

تستخدم هذه الآلات في المسابك التي تنتج مسبوكات كبيرة، وهي تستعمل لملاء الريزك بالرمل وتكثفه بها بنفس الوقت ويوضح الشكل (6.6) مبدأ عمل الآلة القاذفة للرمل، يحمل السير الناقل (2) الرمل من القمع (1) ويدعه يسقط على شفرات مروحة القذف (4) التي تدور حول محور أفقي بسرعة عالية (1400-1600) دورة بالدقيقة، فتحول حفقات الرمل المتجمعة على شفرات المروحة بفعل سرعة الدوران الكبيرة إلى كرات متماسكة تاركة مكانها من على الشفرات ومندفعة ليقذف بها في الريزك، وتتم عملية رك الرمل بفعل كمية الحركة التي يكتسبها الرمل من جراء عملية قذفه وتحول طاقة وضعه فتصطدم حبيباته ببعضها ببعض بقوة كبيرة تكفي لارتصاصه وتكثفه بالريزك، حول الأنموذج.



شكل (6.6) آلة قاذفة للرمل

- 1- قمع، 2- سير ناقل شريطي، 3- رأس منحرك قاذف للرمل، 4- مروحة القذف، 5- صندوق تشكيل القوالب، 6- نموذج، 7- لوحة النماذج.

وتمتاز طريقة تشكيل القوالب باستخدام آلات القذف عن طرائق التشكيل السابقة بما يلي:

- 1- سهولة الاستخدام والمرونة في التشغيل حيث يمكن توجيه مروحة القذف إلى أركان الريزك المختلفة.

- 2- سرعة العمل فالآلة تقوم بالملء والرك في نفس الوقت.
- 3- انتظام كثافة الرمل في جميع أرجاء الريزك وعلى طول ارتفاع الريزك.
- 4- التحكم بكثافة الرمل وذلك بالتحكم بسرعة الدوران.
- 5- نفاذية جيدة لرمل القالب وذلك لتعرض طبقاته في أثناء القذف للتهوية والتخلص من الرطوبة الزائدة.

3.6- صنع القلوب (النوى) آلياً:

تصنع القلوب في ظل الإنتاج الكبير بالجملة بمساعدة آلات خاصة تم استخدامها لصنع القلوب مما أدى إلى زيادة مردود العمل والتخفيف من المجهود اللازم للعملية الإنتاجية، كما تؤمن دقة كبيرة في أبعاد القلوب (النوى).

— تصنيف آلات صنع القلوب:

تستخدم في صناعة القلوب آلات مختلفة الأنواع منها:

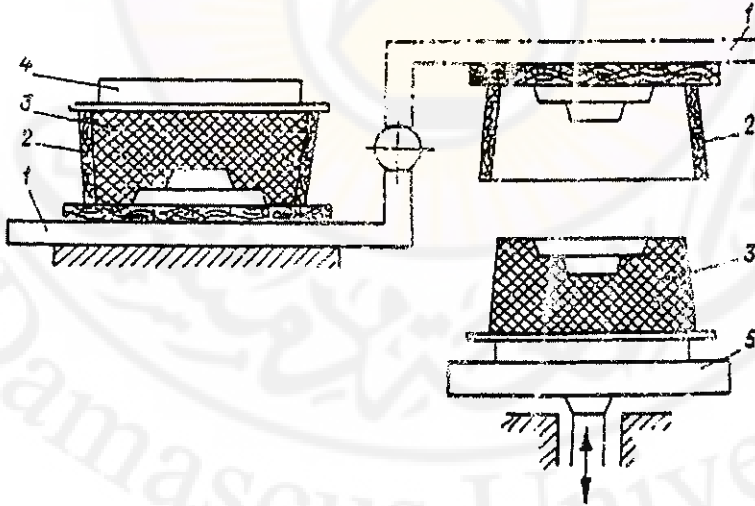
- 1- الآلات الهازة.
- 2- الآلات الضاغطة.
- 3- الآلات النافخة للرمل.
- 4- الآلات الناذفة للرمل.
- 5- الآلات البريمية.
- 6- الآلات الخاصة.

وسنستعرض آلية عمل بعضها هذه الآلات:

1.3.6- الآلات الهازة لصنع القلوب:

يمكن بمساعدة الآلات الهازة صنع القلوب المتوسطة وأحياناً الكبيرة وذلك في صناديق مفتوحة، أما من أجل الحصول على القلوب الأكبر فستستخدم الآلات الهازة المجهزة بطاولة قلابية.

بعد رك خليطة الرمل الممنكة بالهز شكل (7.6) يدور الصندوق (2) المثبت على الطاولة (1) مع القلب الموجود فيه (3) ولوحة التجفيف (4) بزاوية (180°)، ويستقر على طاولة مستقبلية (5) يتم رك القلب في الصندوق (2) بواسطة هزاز مثبت على طاولة الآلة، يمكن بهذه الطريقة الحصول على قلوب ذات أبعاد دقيقة إذا ما قورنت بعملية التشكيل اليدوي.

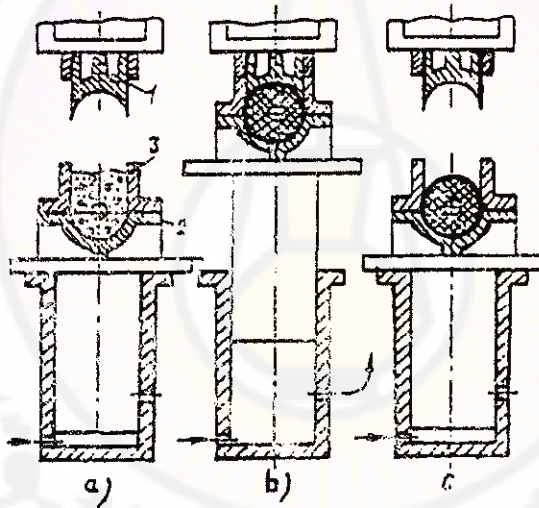


شكل رقم (7.6) صنع القلوب باستخدام الآلات الهازة ذات المنضدة القلابية

2.3.6- الآلات الضاغطة لصنع القلوب:

يمكن بالضغط أن تصنع القلوب الصغيرة، ومن أجل ذلك يثبت النصف العلوي للصندوق المعدني (1) بالقسم العلوي من الآلة الشكل (8.6) بينما يثبت القسم السفلي (2) على الطاولة الضاغطة، تعتبر القدة (3) المركبة على النصف السفلي من الصندوق إطاراً للماء كما تقوم في الوقت نفسه بعمل الموجة، ويحسب علوها استناداً إلى حجم الخليطة الضرورية للقلب.

يدهن الصندوق قبل التشكيل بالكروسين والغرافيث ثم يملأ فراغه وفراغ إطار الماء بخليطه رمل القلوب شكل (a-8.6). وبعد عملية الضغط شكل (b-8.6) تنزل طاولة الآلة مع النصف السفلي للصندوق والقلب شكل (c-8.6) ثم يبعد الجزء العلوي (3) وينزع القلب من الصندوق.

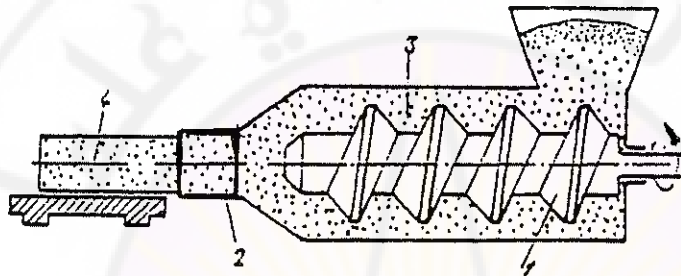


شكل رقم (8.6) صنع القلوب بالضغط.

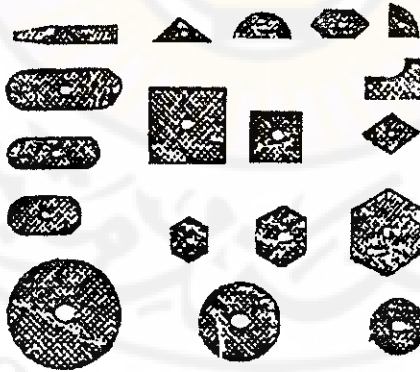
3.3.6- صنع القلوب بالآلات البريمية (البثق):

تستعمل الآلات البريمية (الحلزونية) شكل (9.6) في صنع القلوب الصغيرة بمقاطع متباينة شكل (10.6)، وفيها استعويض عن المكبس بحلزون بريمي (1) يقوم بدفع خليطة الرمل (3) الهابطة من قمع الآلة، عبر فوهة تشكيل قابلة للتبديل (2) بطريقة مشابهة لمفرمة اللحم.

يدار الحلزون يدويا أو بواسطة جولة تروس يركب القائد منها على جذع محوك كهربائي، ويخرج القلب 4 في هذه الآلة على شكل شريط مستمر يقص إلى قطع تستقبل على حوامل يدوية بأطوال مطلوبة، وبعد عملية التجفيف تدبب الأقسام الطرفية المعلمة من القلب وبعدها يمكن استخدام القلب في العملية الإنتاجية أو التخزين، تكون الآلات البريمية بسيطة التركيب مقبولة المردود ومأمونة الاستخدام.



شكل (9.6) مخطط إعداد القلوب على الماكينات البريمية



شكل رقم (10.6) مقاطع القلوب المحضرة باستخدام الماكينات البريمية (البثق).

4.6- تجفيف القوالب والنوى:

إن الهدف الأساسي من تجفيف القوالب والقلوب (النوى) هو تخليصها من الرطوبة وإكسابها متانة ونفاذية جيدة للغازات، فالرطوبة الموجودة في خليطة رمال القوالب والنوى تتحول في أثناء صب المعدن المنصهر فيها إلى بخار يسبب بخبة المسبوكات، إضافة إلى ذلك فإن كثيراً من خلائط تشكيل القوالب والنوى لا تكتسب المتانة الجيدة إلا بتجفيف المادة الرابطة.

تختلف درجة حرارة التجفيف وزمنه باختلاف حجم القوالب والنوى ونوع خليطة الرمل المستخدم في تشكيلها، فبينما تجفف القوالب والنوى المشكلة في خليط الرمل الرطب مع إضافات عضوية في غضون (12-18) ساعة وعند درجة حرارة تتراوح من (300-350م) فإن قوالب الرمل الرطب الذي لا يدخل به إضافات أخرى تجف في غضون (12-24) ساعة وعند درجة حرارة (350-400م) درجة مئوية.

أما القلوب الزيتية فتجفف عند درجة حرارة (200-250م) وعند التجفيف يجب التقيد الدقيق بالحرارة والزمن حتى لا يفقد الرمل خاصية الترابط.

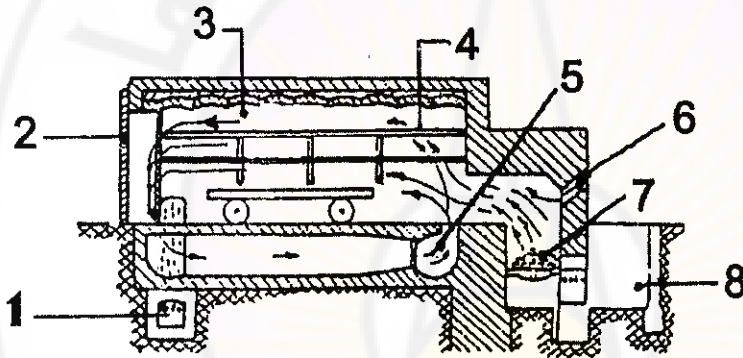
5.6- أفران تجفيف القوالب والنوى:

يستعمل في تجفيف القوالب والنوى أفران تجفيف يتوقف تصميمها على حجم الإنتاج، أما الوقود المستخدم فيمكن أن يكون الفحم الحجري أو الغاز الطبيعي أو الطاقة الكهربائية، ففي ظروف الإنتاج الكبير والإنتاج بالجملة تستخدم أفران تجفيف مستمرة العمل أفقية أو رأسية، عند استخدام الأفران الأفقية توضع القلوب على منضدة متعددة الطبقات معلقة إلى سير حلقي أفقي، يشكل السير في الفرن عدة انعطافات تتفاوت عندها درجة الحرارة، وفي أثناء اجتياز المنضدة لمنعطفات الفرن (أقسام) فإن القلوب تسخن في القسم الأول ثم تجفف في القسم الذي يليه، ثم تبرد في القسم الأخير، وتنزع من على الرفوف.

أما الأفران الرأسية فصعبة الاستعمال وتحتاج إلى مكنة كاملة لهذا لا تستخدم هذه الأفران إلا نادراً.

يبين الشكل (11.6) أحد أفران التجفيف الأفقية المستخدمة، وهو يتألف من حجرة التجفيف والموقد والمدخنة.

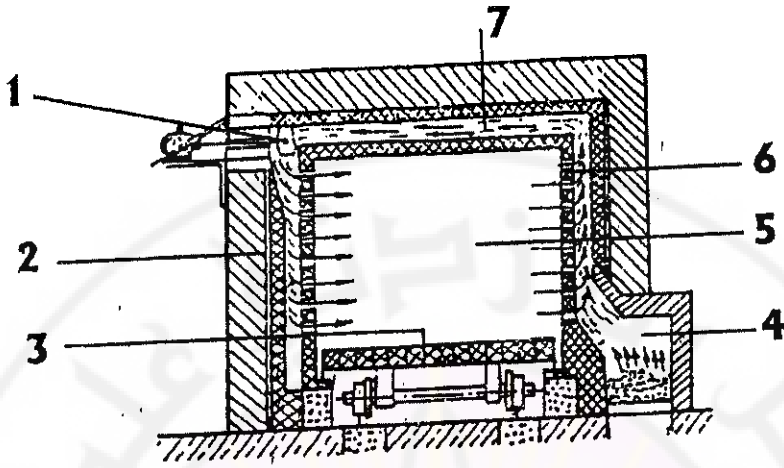
تجهز حجرة التجفيف بمروحة تدفع غازات الاحتراق الساخنة والخارجة من الموقد إلى ممر متصل بحجرة التجفيف فيجتاز عدة رفوف مثقبة توضع عليها القلوب، تسري الغازات بعد ذلك كعادم في ممر آخر خلف الحجرة منه إلى المدخنة التي تنقلها إلى الخارج، وتعمل الثقوب في الرفوف على تحسين تهوية وتسهيل عملية تخلخل الغازات الساخنة من وإلى جميع النواحي. يمكن التحكم في درجة حرارة غرفة التجفيف بكمية الغازات المارة منها.



شكل (11.6) فرن تجفيف أفقي.

- | | | | |
|--------------|-------------------------|------------------|-----------------|
| 1- عربة شحن، | 2- باب، | 3- غرفة التجفيف، | 4- رفوف، |
| 5- مروحة، | 6- فتحة للهواء الثانوي، | 7- بيت النار، | 8- هواء ابتدائي |

ويبين الشكل (12.6) فرنًا آخر مشابهًا لعمل الفرن الأول ما عدا أنه لا يحتوي على الأرفف، تقتضي الضرورة في بعض الأحيان تجفيف قوالب ونوى ذات أحجام متباينة، بعضها صغير والآخر كبير مما ينتج عنه عدم انتظام عملية التجفيف لعدم انتظام توزيع الغاز الساخن على الأسطح المراد تجفيفها بالتساوي، وبهذا الشكل تجفف القوالب والنوى الصغيرة قبل مثيلاتها الكبيرة مما يستدعي الانتظار حتى تكتمل عملية التجفيف وهذا بدوره يسبب فقدًا كبيراً في الطاقة الحرارية المستخدمة.



شكل رقم (12.6) فرن تجفيف.

- | | | |
|----------------|------------------|----------------|
| 1- مروحة، | 2- جدران متقوية، | 3- عربة الشحن، |
| 4- بيت النار، | 5- غرفة التجفيف، | 6- قناة الدفع. |
| 7- قناة اللهب. | | |

طرق تجفيف أخرى:

يمكن تسريع عملية التجفيف باستخدام الأشعة فوق الحمراء وذلك لأن انتقال الحرارة بالإشعاع أسرع منه بالحمل بعدة مرات، ويستخدم لهذا الغرض مصابيح كهربائية خاصة (250) واط مع عاكس للحرارة، أو لوح صلب معدني لا مع مسخن من الخلف بشعلة لهب، فيعكس هذا بدوره الحرارة التي هي عبارة عن الأشعة فوق الحمراء، وقد تستخدم في عملية التجفيف الذبذبات الكهربائية، وهنا توضع الأجزاء المراد تجفيفها بين لوحين مكثف كهربائي، ويكون جزءاً من دائرة كهربائية عالية الذبذبات، وتستغرق عملية التجفيف في هذه الحالة بضع دقائق.



نظام الصب GATING SYSTEM

1.7- وظيفة وأنواع أنظمة الصب:

نظام الصب هو مجاري وأقنية الصب النازلة والصاعدة التي ينساب خلالها المعدن المنصهر ليملاً جوف القالب، والتي يتجمع فيها المعدن المنصهر الزائد عن عملية إملائه.

وظيفة نظام الصب:

- 1- تأمين تغذية مستمرة متجانسة وغير مضطربة للمعدن المنصهر إلى فجوة القالب، على أن تتم بمعدل تدفق مناسب وبدون فقد كبير في درجات الحرارة.
- 2- التقاط الخبث أو الرمال أو المحتويات غير المعدنية ومنعها من الدخول إلى فجوة القالب.
- 3- منع أو تلافي حدوث ظاهرة حت أو تآكل جدران القالب بتيار المعدن المنصهر خلال زمن امتلاء القالب.
- 4- تزويد القالب بالمعدن المنصهر في أثناء عملية التجمد والتقلص المرافق.

أنواع أنظمة الصب:

يمكن تقسيم أنظمة الصب حسب المستوى الذي يتم بموجبه تزويد القالب بالمعدن أو تغذيته إلى:

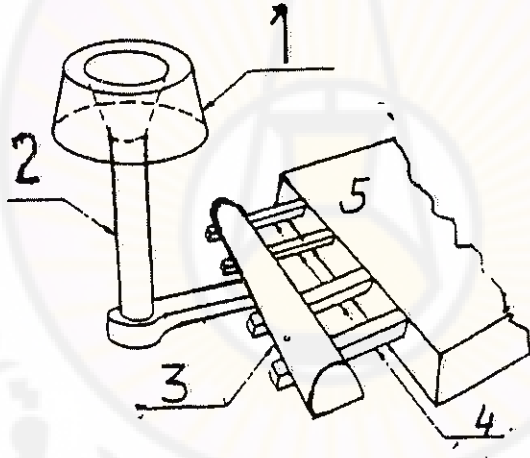
- 1- أنظمة الصب الأفقية، وبموجبها يندفع المعدن إلى فجوة القالب عند مستوى أفقي.
- 2- أنظمة الصب الرأسية أو الشاقولية، حيث يدخل المعدن المنصهر طبقاً لهذا النوع إلى فجوة القالب محاذياً لمستوى شاقولي.

2.7- أجزاء نظام الصب:

يتألف الشكل العادي لنظام الصب من أربعة أجزاء:

- 1- حوض أو قمع الصب. Basin أو Funnel.
- 2- قناة الصب الرئيسية (القناة النازلة). Sprue.
- 3- مجمع الخبث. Slag remover.
- 4- فتحات التوزيع. Ingate.
- 5- فجوة القالب.

ويوضح الشكل (1.7) أجزاء نظام الصب.



الشكل رقم (1.7) أجزاء نظام الصب.

1.2.7- حوض الصب:

وهو عبارة عن خزان يصب فيه المعدن من بوتقة الصب فيوجهه إلى مجرى قناة الصب الرئيسية، ويجب أن يضمن تغذية مستمرة للقالب بالمعدن المصهور.

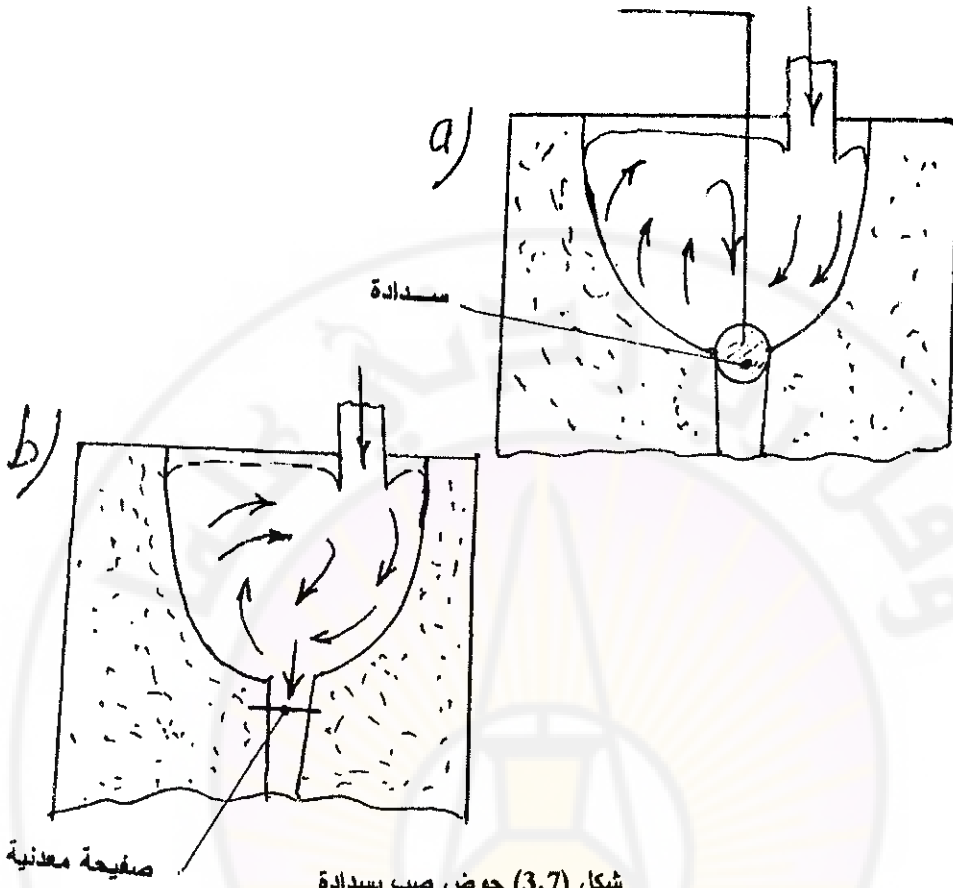
يصمم حوض الصب بحيث تتولد به دوامات لحجز الخبث ومنع سقوطه إلى داخل فجوة القالب، ولكي يحجز الشوائب يجب أن يكون حوض الصب ممثلاً دائماً بالمعدن، والشكل رقم (2.7) يبين حوض الصب وحركة جريان المعدن ضمنه.



الشكل رقم (2.7) حوض الصب وحركة جريان المعدن ضمنه.

ولضمان حوض الصب ممثلاً تستخدم إحدى الطرق التالية:

- أ - يمكن استخدام حوض صب مغلق بواسطة سدادة مربوطة بسلك ترفع هذه السدادة بعد امتلاء حوض الصب كما بالشكل (a-3.7).



شكل (3.7) حوض صب سدادة

a- بواسطة سدادة بشكل كرة مربوطة بسلك. b- بواسطة صفحة معدنية.

أو يمكن استعمال صفحة معدنية تنصهر بعد فترة بتأثير درجة حرارة المعدن المصبوب وعند انصهارها يفتح مجرى المعدن المصهور كما في الشكل (b-3.7) بعد أن يكون حوض الصب أصبح ممتلئاً.

2.2.7- قناة الصب الرئيسية (القناة النازلة):

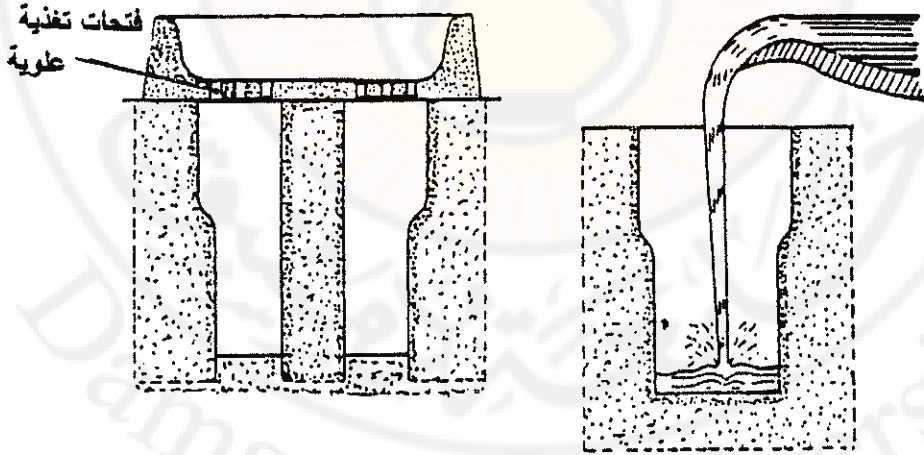
وهي عبارة عن قناة رأسية، غالباً ما تكون على هيئة مخروط نساقص مسلوب إلى أسفل بسلبية تتراوح بين (4-6%) وهي تصل بين حوض الصب ومجمع الخبث، وفي حالة القوالب ذات الارتفاع الكبير تستعمل قناة الصب متدرجة لتقليل أثر سقوط المعدن، وسيتم توضيح تصميمها لاحقاً.

3.2.7- فتحات التغذية أو قنوات التوزيع:

تصل فتحات التغذية (التوزيع) بين مجمع الخبث وفجوة القالب ويجب أن تكون مقاطعها مناسبة وموزعة بصورة مناسبة مقاطعها العرضية إما نصف دائرة أو مثلثية للفولاذ وحديد الصب والبرونز أو مستطيلة لسبائك الألمنيوم وعمل فتحات التغذية هو تزويد فجوة القالب بالمعدن المصهور وتوزيع المعدن توزيعاً جيداً بدون اضطراب في جريان المعدن وبدون فقد كبير في حرارة المعدن وتقسّم فتحات التغذية للأنواع الآتية:

1.3.2.7- فتحات التغذية العلوية:

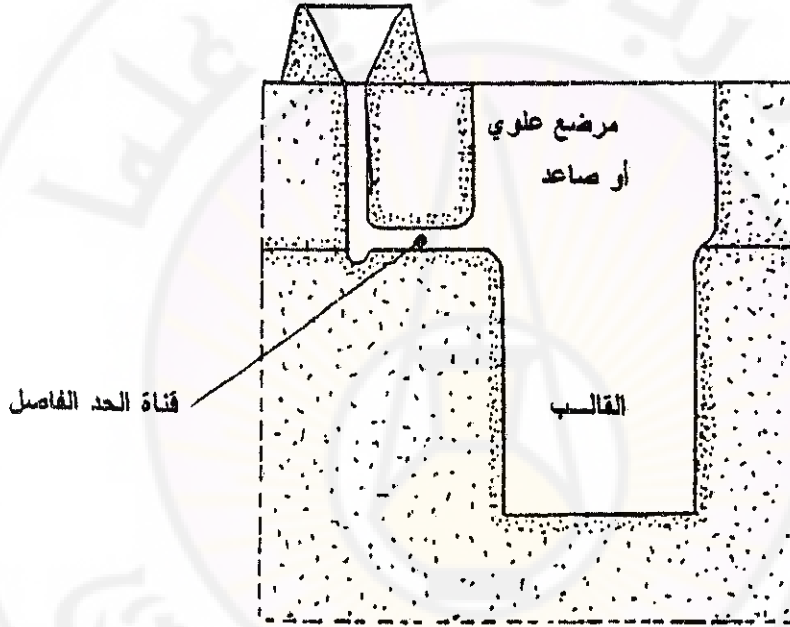
وفيها يصب المعدن مباشرة في فجوة القالب من قنوات علوية وهذه الطريقة يمكن استخدامها للقوالب الصغيرة ذات التصميم البسيط أو للمسبوكات الكبيرة ذات القالب المقاوم للحث والتآكل نتيجة سقوط المعدن السائل عليه من ارتفاع كبير نسبياً في لحظة السقوط، لأن المعدن المصهور المتساقط سرعان ما يشكل وسادة للمعدن السائل الساقط، ولكن ينتج لدينا اضطراب بالمعدن لذلك يفضل استخدامها للمعدن قليل الأكسدة وذو القابلية القليلة لانهلال الغازات. والشكل (4.7) يوضح هذه القنوات (الفتحات).



شكل (4.7) قنوات التغذية العلوية

2.3.2.7- قنوات الحد الفاصل (تقع في مستوى الفصل بين جزئي القالب):

من السهل تصنيع هذه القنوات ولكن عندما يكون سطح الفصل بعيداً عن قعر القالب فتصبح الحالة كقنوات التغذية العلوية، حيث يصبح جريان المعدن مضطرباً ومن ثم تصبح ظاهرة الحت واضحة المعالم، والشكل (5.7) يوضح إحدى هذه القنوات الفاصلة.



شكل (5.7) قنوات الحد الفاصل

3.3.2.7- قنوات التغذية السفلية:

يفضل استخدام هذه القنوات وذلك للتقليل من هيجان المعدن وتلافي حث القالب، ولكن لا يفضل استخدام القنوات السفلية مع الموضعات العلوية حيث يفقد المعدن قسم كبير من حرارته قبل أن يصل إلى الموضع، من ثم يتجمد المعدن في الموضع قبل

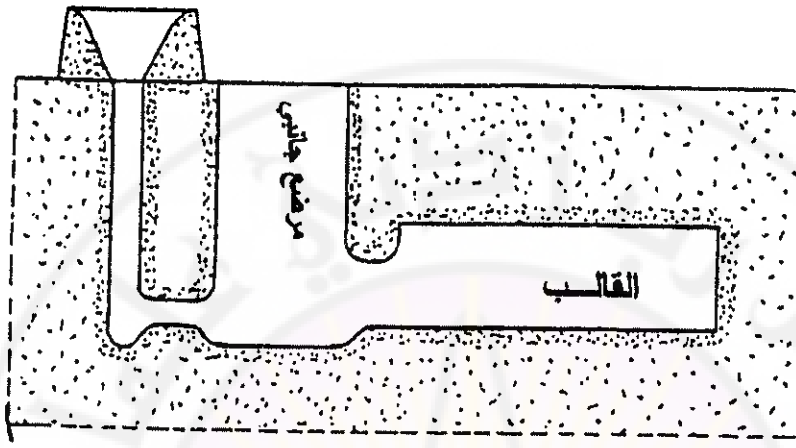
المسبوكة ويفقد الموضع وظيفته وتتشكل فجوة كبيرة في المسبوكة، والشكل (6.7) يبين قناة تغذية سفلية مع مريض علوي.

تفضل قنوات التغذية السفلية مع الممرضات الجانبية حيث تسخن جدران المريض أثناء جريان المعدن خلالها ويفضل أن يكون المريض الجانبي لولبي (سابذي) وبذلك تتشكل دوامة في المريض وهذه الدوامة تجمع خبث المعدن، ولتحسين جريان المعدن يصبح تقعر طفيف في أسفل المريض حيث يتجمد بهذا التقعر المعدن ويعمل التقعر كحوض تغذية للمعدن وكذلك نصنع تقعر طفيف في قعر قناة الصب الرئيسية التي تعمل كوسادة للمعدن الساقط.



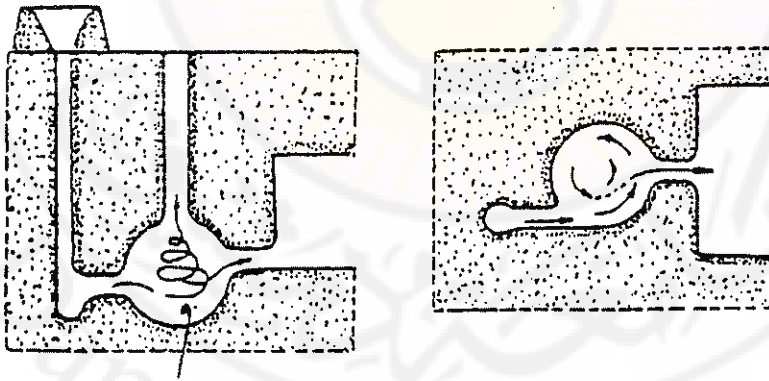
الشكل (6.7) قناة تغذية سفلية مع مريض علوي

ويبين الشكل (7.7) قناة تغذية سفلية مع مرضع جانبي



الشكل (7.7) قناة تغذية سفلية مع مرضع جانبي

ويبين الشكل (8.7) قناة تغذية سفلية مع مرضع جانبي لولبي (نابذي)

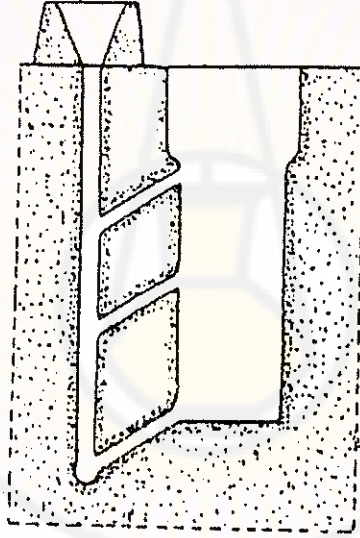


شكل (8.7) قناة تغذية سفلية مع مرضع جانبي لولبي (نابذي)

4.3.2.7- قنوات التغذية المدرجة:

تستخدم القنوات المدرجة للاستفادة من مميزات القنوات السفلية وتجنب سسیناتها حيث يتدفق المعدن المنصهر من القناة الأولى حتى يمتلئ القالب لمستوى القناة الثانية ومن ثم يتم تدفق المعدن في القناة الثانية حتى القناة الثالثة وهكذا...

وهذا يساعد على أن يكون المعدن الأكثر سخونة موجوداً في الموضع العلوي، وللتغلب على عطالة المعدن تصنع القنوات المدرجة بميل نحو الأعلى لزيادة المقاومة على جريان المعدن (أي تجعل القناة ملاءى) وهكذا تعمل القنوات بصورة أفضل، والشكل (9.7) يوضح إحدى هذه القنوات المدرجة وتستخدم عادة للمسبوكات كبيرة الارتفاع.



شكل (9.7) مخطط قنوات التغذية المدرجة

3.7- تصميم نظام الصب:

تتحدد أبعاد أنظمة الصب على أساس مساحات مقاطع أفقية التغذية وهي العنصر قبل الأخير في نظام الصب، فمعدل امتلاء فجوة القالب بالمعدن المنصهر

وأبعاد كل العناصر الأخرى من النظام تتعلق بحجم ومقطع هذه الأفقية، والعوامل التي يجب أن تؤخذ بعين الاعتبار لدى تعيين مقاطع أفقية التغذية هي:

- سماكة جدران المسبوك.
- شكل المسبوك.
- حجم المسبوك العلوي.
- وزن المسبوك.

ويفيد في تصميم أنظمة الصب في المقام الأول الدراسة الأولية لسريان المعدن في المجاري الرأسية والأفقية لهذه الأنظمة، وتتم هذه الدراسة باستخدام قانون ثبات التدفق ومعادلة برنولي.

1.3.7- طرائق حساب نظام الصب:

تحتسب أبعاد نظام الصب على مرحلتين:

- 1- حساب المقطع العرضي لفتحات التوزيع (أصغر مقطع عرضي) F_z .
- 2- حساب أبعاد المقاطع العرضية لباقي عناصر نظام الصب.

يحدد أصغر مقطع في نظام الصب (F_z) وزمن إملاء القالب، وهذا هو العنصر المهم الذي عنده نبدأ في الحساب. ويوضح الشكل (10.7) المقاطع العرضية لعناصر نظام الصب.

آ- القانون الأساسي لحساب المقطع العرضي لفتحات التوزيع:

تحتسب حسب القوانين الهيدروليكية لكمية السائل G_0 المارة في زمن قدره (t) عبر قناة مقطوعها العرضي f وبسرعة قدرها v بالعلاقة:

$$G_0 = \gamma \cdot F \cdot v \cdot t = \quad (1)$$

وتحتسب السرعة الخطية v للمعدن من العلاقة المعروفة:

$$v = \sqrt{2gH_p} \quad [\text{Cm/sec.}]$$

حيث: γ - الوزن النوعي للمعدن السائل.

g - التسارع الأرضي.

H_p - الضاغط الهيدروستاتيكي الفعال.

t - زمن الصب.

تحتاج هذه العلاقة إلى إصلاح:

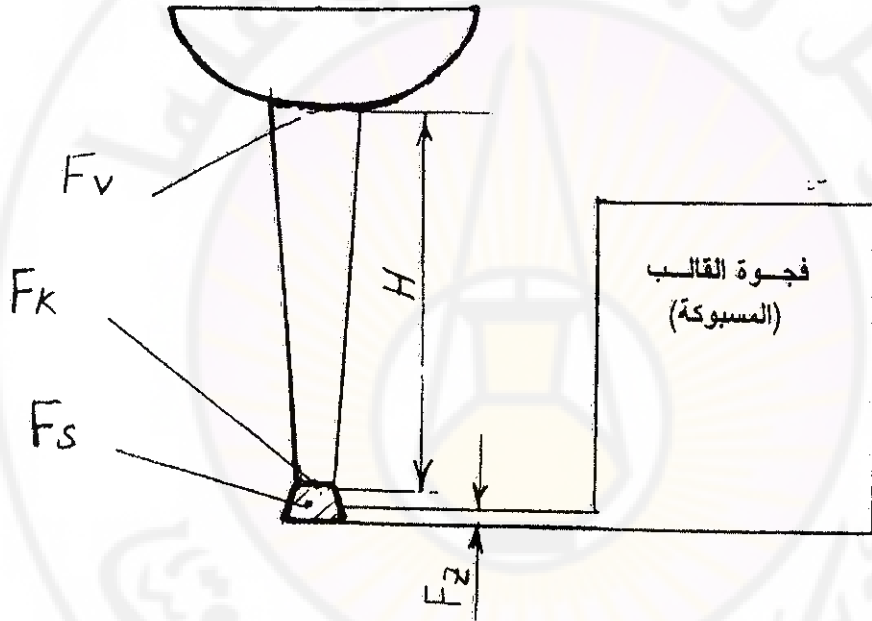
1- المقطع العرضي للسائل F_1 في الانحناءات يتناقص ويعطي بالعلاقة:

$$F_1 = \alpha \cdot F$$

α - عامل تناقص المقطع العرضي $\alpha < 1$.

2- سرعة جريان المعدن الحقيقية (v_1) ستكون أقل من القيمة المعطاة بالعلاقة:

$$V = \sqrt{2gH_p}$$



شكل (10.7) المقاطع العرضية لعناصر نظام الصب

F_z - المقطع العرضي لفتحات التوزيع.

F_s - المقطع العرضي لمجمع الخبث.

F_k - المقطع العرضي لقناة الصب الرئيسية في أدنى مقطع لها.

F_v - المقطع العرضي لقناة الصب الرئيسية في أعلى مقطع لها.

H - ارتفاع قناة الصب الرئيسية.

وذلك بسبب المفاهيم الناتجة عن الاحتكاك وتغيير الاتجاه.

$$V_1 = \varphi V \quad \text{لذا فإن:}$$

حيث φ عامل تناقص السرعة ($\varphi < 1$).

3- إذن الوزن الحقيقي للمعدن G المار من فتحة التوزيع F_z خلال زمن t سيكون أقل من القيمة المحسوبة بالعلاقة (1)، وستساوي:

$$G = \alpha \cdot \varphi \cdot G_0 = \mu \cdot G_0$$

حيث (μ) عامل يعتمد على التركيب الكيميائي للمعدن ودرجة حرارة الصب، والميوعة، ونعومة سطح القالب والقنوات، وشكل وتعقيد المسبوكة ... إلخ. لذا يمكن كتابة المعادلة كالآتي:

$$G = \mu \cdot G_0 = \mu \cdot \gamma \cdot F \cdot t \cdot \sqrt{2gH_p} \quad (2)$$

إذا اعتبرنا: $\beta = \gamma / \sqrt{2g}$ قيمة ثابتة لمعدن المسبوكة.

عندها تصبح العلاقة:

$$G = \mu \cdot \beta \cdot F \cdot t \cdot \sqrt{H_p} \quad (3)$$

ومن العلاقة (3) بحسب المقطع العرضي ($F_z = F$) لفتحات التوزيع (OSAN).

$$F_z = F = \frac{G}{\mu \cdot \beta \cdot t \cdot \sqrt{H_p}} [\text{Cm}^2] \quad (4)$$

حيث أن

$G = [\text{kg}]$ - وزن المسبوكة بما فيها المرصعات ونظام الصب.

$\mu = (0.42 - 0.65)$ ويسمى عامل المقاومة ويعتمد على نوع المعدن (حديد

صب، فولاذ - معادن ملونة).

$\beta = 0.31$ للفولاذ وحديد الصب.

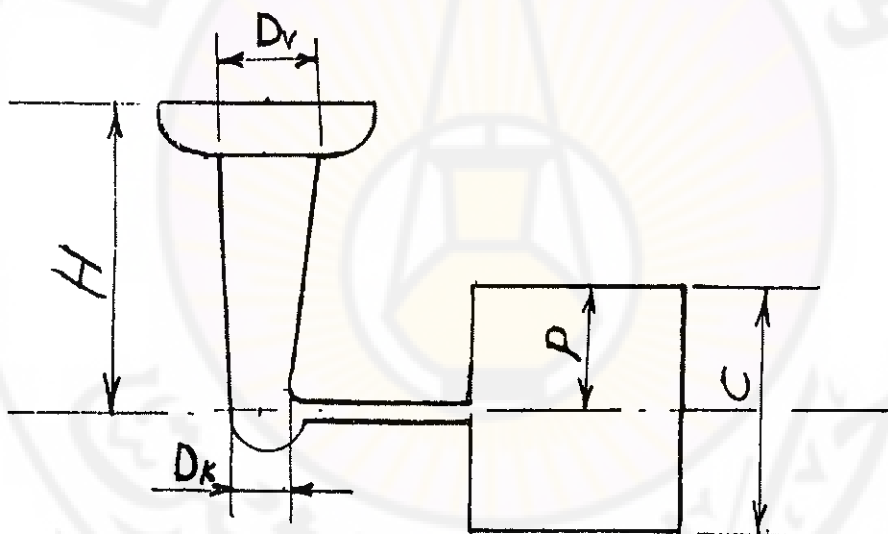
$\beta = 0.33$ للبرونز.

$\beta = 0.1$ للألومنيوم.

بحسب الضاغط الفعلي H_p من العلاقة:

$$H_p = H - \frac{P^2}{2C} \text{ [Cm]}$$

حيث يوضح الشكل (11.7) هذه الأبعاد.



شكل (11.7) لحساب الضاغط الفعلي H_p

ويحسب زمن الصب (t) من العلاقة:

$$t = k \sqrt{G} \text{ [sec]}$$

حيث G - وزن المسبوكة.

K - عامل يعتمد على سماكة جدران المسبوكة.

وتتراوح قيمة: 1.6 للسماكات (3-3.5) مم.

1.8 للسماكات (4.5-8) مم.

1.8 للسماكات (4.5-8) مم.

2.2 للسماكات (8-15) مم.

ب- حساب المقاطع العرضية لعناصر نظام الصب:

ليكون نظام الصب ملأناً، فيجب أن تتحقق العلاقة:

$$F_z < F_s < F_k$$

حيث: F_z - المقطع العرضي لفتحات التوزيع.

F_s - المقطع العرضي لمجمع الخبث.

F_k - المقطع العرضي لقناة الصب الرئيسية في أدنى مقطع لها.

ويعبر عن العلاقة بين هذه المقاطع العرضية بالنسب التالية حسب الخبرات:

— مسبوكات الفونت تحت 10 طن: $F_z : F_s : F_k = 1 : 1.2 : 1.4$

— مسبوكات الفونت فوق 10 طن: $F_z : F_s : F_k = 1 : 1.3 : 1.6$

— مسبوكات الفونت للجدران الرقيقة: $1 : 1.1 : 1.15$

— مسبوكات الفولاذ: $1 : 1.2 : 1.4$

— مسبوكات الألمنيوم: $1 : 1.1 : 0.5$

تصنع قناة الصب الرئيسية على شكل مخروط بمخروطية يتراوح % (4-6) Δ

ويحسب القطر (Dv) في أعلى نقطة لقناة الصب الرئيسية:

$$Dv = \frac{\Delta \cdot H}{1000} + D_k$$

$$D_k = \sqrt{\frac{4 \cdot F_k}{\pi}} \quad \text{حيث:}$$

D_k القطر الأدنى في قناة الصب الرئيسية.

مثال: المطلوب حساب أبعاد نظام الصب: F_k, F_s, F_z لأسطوانة من معدن

حديد الصب، كما هي مبينة في الشكل (12.7) علماً أن وزن المسبوكة $G=125 \text{ kg}$.

1- يحسب أولاً المقطع العرضي لفتحات التوزيع (F_z) من علاقة OSAN (4):

$$F_z = \frac{G}{t} \cdot \frac{1}{\mu \cdot 0.31 \cdot \sqrt{H_p}}$$

a- يحسب زمن الصب من العلاقة: $t = k \sqrt{G}$

$$t = 2.2 \sqrt{125} = 24 \text{ sec}$$

b- نختار $\mu = 0.5$.

c- حساب H_p (الضاغط الفعلي).

$$H_p = H - \frac{p^2}{2C}$$

في المسبوكة هذه $P = C$

$$\text{لذا: } H_p = H - \frac{C}{2}$$

$$H_p = 85.6 - \frac{60.6}{2} = 55 \text{ cm}$$

$$F_z = \frac{125}{24} \cdot \frac{1}{0.5, 5.31, \sqrt{55}} = 4.6 \text{ cm}^2$$

2- بحسب المقطع العرضي F_s لمجمع الخبث من العلاقة:

$$F_z: F_s: F_k = 1: 1.1: 1.15$$

$$F_s = 1.1, F_z = 1.1, 4.6 = 5.06 \text{ cm}^2$$

3- بحسب المقطع العرضي لقناة الصب في أسفل نقطة لها F_k :

$$F_k = 1.15, F_s = 1.15, 5.06 = 5.82 \text{ cm}^2$$

وبحسب قطر قناة الصب الرئيسية:

$$F_k = \frac{\pi D_k^2}{2} \Rightarrow D_k = 2.8 \text{ cm}$$

يؤخذ رقم أقرب إلى القياس $D_k = 30 \text{ mm}$.

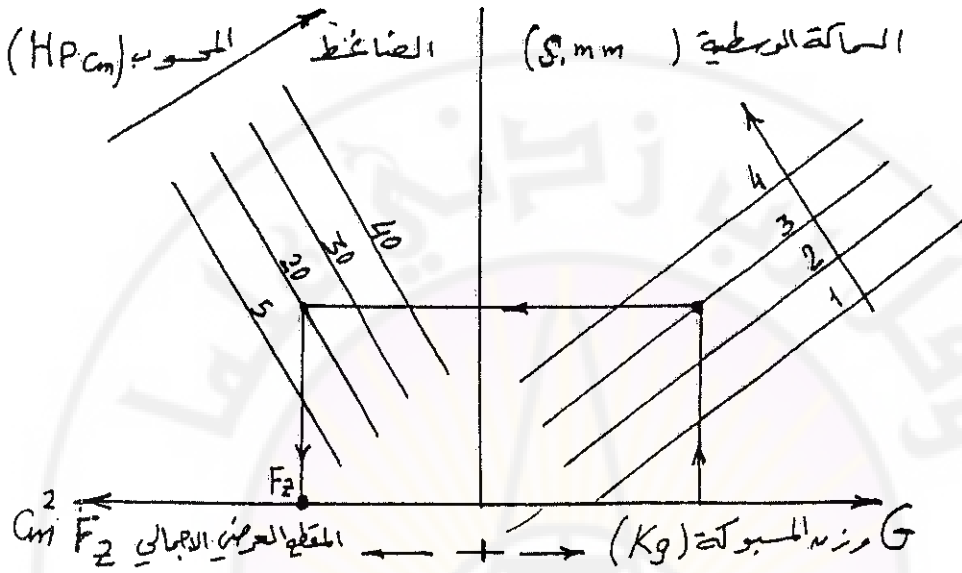
قطر قناة الصب في أعلى نقطة لها: بحسب من العلاقة:

$$D_v = \Delta H_v + D_k$$

حيث: Δ مخروطية قناة الصب، ونعتبرها 4% $\Delta = 4\%$

$$D_v = \frac{4}{100} \cdot \left[\frac{606 + 150}{10} \right] + 30 = 33 \text{ mm}$$

تؤخذ: $D_v = 35 \text{ mm}$



شكل رقم (13.7) الحل البياني لحساب أبعاد نظام الصب /سوبوليف/.

من وزن المسبوكة $G(kg)$ يرفع خط شاقولي ليلقي خط السمكة (S, mm) لجدران المسبوكة من نقطة التقاطع السابقة، يرسم خط أفقي ليلقي خط الضاغط (Hp) الذي يتم حسابه كما في الطريقة السابقة، ومن نقطة التقاطع يُسقط خط شاقولي ليلقي الخط الأفقي الذي يحدد المقطع العرضي لفتحات التوزيع.

4.7- موازنة قوى الدفع عند صب المعدن المنصهر:

عند صب المعدن المنصهر في فراغ القالب تنشأ عنه قوة دفع (دافعة أرخميدس) تتجه من الأسفل إلى الأعلى محاولة فصل جزئي القالب أحدهما من الآخر، لذلك وكى لا ينفصل الريزك العلوي عن السفلي لا بد من موازنة هذه القوة بإضافة أثقال توضع على سطح الريزك العلوي أو يربط الريزكين ربطاً ميكانيكياً محكماً.

وباعتبار أن ضغط المعدن المنصهر متساوٍ في مختلف أرجاء القالب فإن قوة الدفع المذكورة تعادل الدفع الحقيقي الناتج عن عمود المعدن المنصهر فوق السطح العلوي للقالب، تقدر هذه القوة بحاصل ضرب مساحة القالب المسقط $Projected\ area$ في ارتفاع المعدن المنصهر في مجرى عمود الصب عن سطح المسبوك، فإذا رمزنا للوزن النوعي للمنصهر بالحرف ρ فإن القوة تعطى بالعلاقة: $F = A \cdot h \cdot \rho$ ، إلا أن هذه القيمة هي القوة الناتجة عن الدفع الستاتيكي وهي أصغر من القوة الحقيقية المؤثرة، لذلك يضاف إلى القيمة السابقة قوة دفع أخرى ناتجة عن الضغط الديناميكي الذي يسببه تحرك أو سريان المعدن المنصهر داخل القالب، ولصعوبة حساب الضغط الديناميكي تصحح قوة الدفع الستاتيكي بضربها بمعامل تتراوح قيمته من 1.3 - 1.5.

مثال 1:

المطلوب حساب الوزن اللازم إضافته إلى سطح الريزك العلوي لقالب المسبوك الموضح بالشكل (14.7) كي لا يطفو، علماً أن:

- أبعاد الريزك هي: $300 \times 300 \times 200$ مم.
- الوزن النوعي للصلب المنصهر هو 7.2 غ/سم³.
- الوزن النوعي لخليطة الرمل المستعملة في تشكيل القالب هو 1.67 غ/سم³.

يحسب الوزن اللازم بالعلاقة:

$$F = Fi_2 - Wm$$

حيث: Wm وزن الريزك العلوي Fi_2 - قوة الدفع الهيدروليكية الديناميكية.

— تحسب قوة الرفع الستاتيكية من العلاقة:

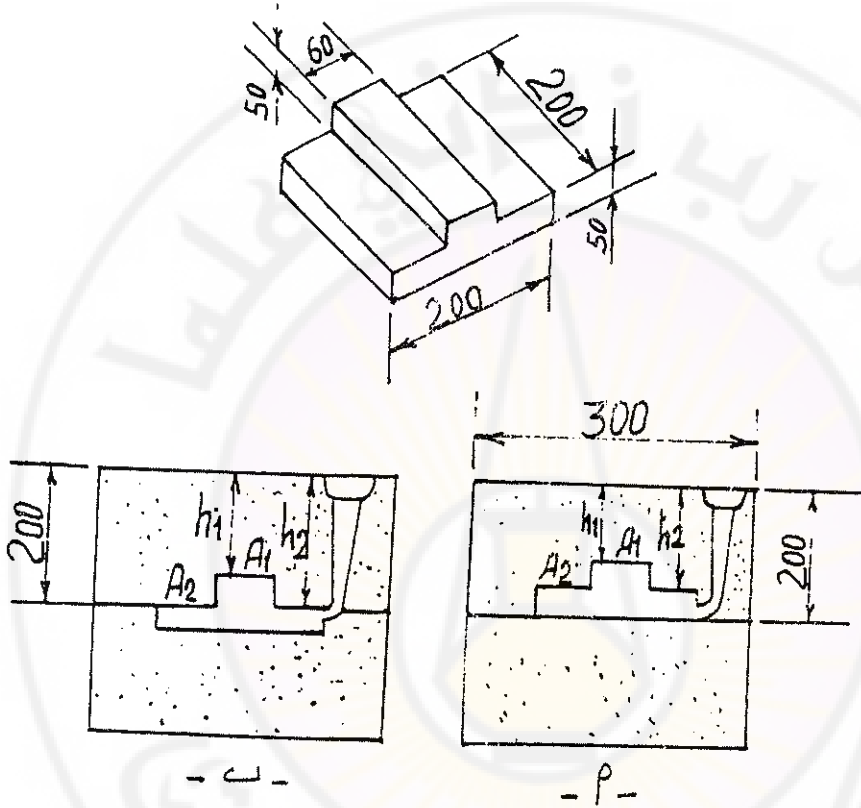
$$Fi_1 = A_b \times \rho \times h_m$$

حيث: A_b - المساحة الأفقية لفجوة القالب في الريزك العلوي.

ρ - كثافة المعدن.

h_m - ارتفاع المعدن فوق المساحة A_b .

وتكون قوة الدفع الديناميكية: $Fi_2 = 1.5, Fi_1$



شكل (14.7) حسابات موازنة قوى دفع المعدن المنصهر

الحل:

يمكن أن يصادفنا عدة حالات لوضع فراغ القالب بالنسبة لكل من الريزكين، لذا سوف نعالج كل من الحالتين (أ) و(ب) على انفراد.

الحالة الأولى (أ):

قوة دفع الريزك العلوي الستاتيكية تعطى بالعلاقة التالية:

$$F_1 = A.h. \varrho = \varrho (A_1 h_1 - A_2 h_2)$$

$$A_1 = 6 \times 20 = 120 \text{ cm}^2$$

$$A_2 = 2(7 \times 20) = 280 \text{ cm}^2$$

$$h_1 = 10 \text{ cm}, h_2 = 15 \text{ cm}$$

$$F_1 = 7.2 (120 \times 10 + 280 \times 15) / 1000 = 38.8 \text{ kg}$$

قوة الدفع الديناميكي:

$$F_2 = F_1. 1.5 = 58.2 \text{ kg}$$

وزن الرمل داخل الريزك مع إهمال وزن الغاز تعطى بالعلاقة:

$$F_3 = 1.67 [30 \times 30 \times 20 - (20 \times 20 \times 5 - 20 \times 6 \times 5)] = 25.72 \text{ kg}$$

$$F_4 = 6 \text{ kg}$$

وزن الريزك:

الوزن اللازم إضافته:

$$F = F_2 - (F_3 + F_4) = 58.2 - 31.72 \text{ kg} = 26.5 \text{ kg}$$

الحالة الثانية: (ب):

$$h_1 = 15 \text{ cm}, h_2 = 20 \text{ cm}.$$

$$F_1 = 7.2 (120 \times 15 + 280 \times 20) / 1000 = 53.28 \text{ kg}.$$

$$F_2 = 53.28 \times 1.5 \simeq 80 \text{ kg}.$$

وزن الرمل داخل الريزك مع إهمال حجم النازل تحسب كما يلي:

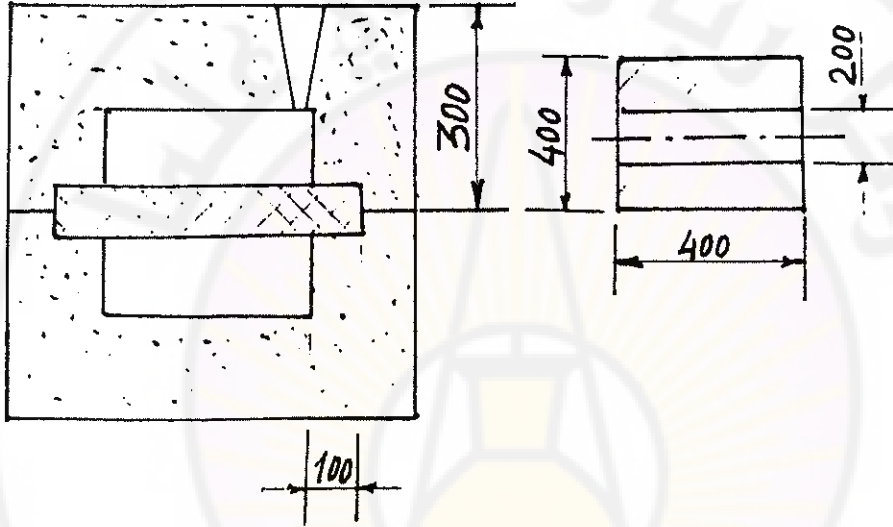
$$F_3 = 1.67 (30 \times 30 \times 20 - 6 \times 5 \times 20) \simeq 29 \text{ kg}.$$

الوزن اللازم إضافته:

$$F = 80 - (29 + 6) = 45 \text{ kg}.$$

مثال 2:

إذا كان المسبوك الموضح على الشكل (15.7) من الصلب فاحسب قوة الدفع المؤثرة على النواة وعزم الانحناء واجهاد القص الأعظميين، علماً أن الوزن النوعي للصلب Q هو 7.2 غ/سم³ والوزن النوعي للرمل هو 1.67 غ/سم³.



شكل رقم (15.7) حساب قوى المؤثرة على القلب (النواة)

الحل:

قوة الدفع إلى الأعلى هي الفرق بين دافعة أرخميدس ووزن القلب (النواة)، دافعة أرخميدس تساوي إلى وزن المعدن المنصهر المزاح، أي:

$$7.2 = \left(\frac{220 \times 3.14 \times 40}{4} \right) - 90 \text{ كغ}$$

$$\text{وزن القلب} = 1.67 = \left(\frac{220 \times 3.14}{4} \times 60 \right) - 31 \text{ كغ}$$

قوة الدفع تساوي: 90-31 = 59 كغ.

وباعتبار أن القلب عبارة عن عتب مركّز على مسندين بسيطين من طرفيه ومحمل بحمل موزع بانتظام فإن الإنحاء الأعظمي المؤثر عليه يعطي بالعلاقة:

$$M = \frac{qL^2}{8} = \frac{59 \times 40^2}{40.8} = 295 \text{ kg, cm}$$

$$\text{حيث: } q = \frac{59}{40}$$

إجهاد القص يعطي بالعلاقة التالية:

$$\tau = \frac{qL/2}{A} = \frac{59 \times 40.4}{40.2, \pi, 20^2} = 0.093 \text{ kg/cm}^2$$

حيث: A- مساحة مقطع النواة.



الفصل الثامن

الصَّبْغُ فِي الْقَوَالِبِ الدَّائِمَةِ الْحَرَارِيَّةِ

- 1- مواد تصنيع القوالب الدائمة الحرارية.
- 2- استخدام القوالب الدائمة الحرارية.



الصب في القوالب الدائمة الحرارية

تصنع هذه القوالب من مواد تتحمل درجات الحرارة العالية التي يمكن أن تتعرض لها من جراء ملامستها لمعدن المسبوك المنصهر. وتستخدم في هذا السبيل مواد عديدة أهمها السيراميك (أو المواد الخزفية) التي تتشكل من أنواع معينة من الطمي. وبعد تشكيل القالب يغفر سطحه بالهباب ثم يجفف في درجة حرارة تقترب من 300م° ثم يدهن بالماء الزجاجي (NaSiO_2) لتترك طبقة زجاجية على السطح، وبعدها يحمص القالب بعد أن يعاد تغفير سطحه بالهباب في درجة حرارة 350م°، وقبل عملية الصب يسخن القالب حتى لا يتعرض لإجهادات حرارية مفاجئة تؤدي إلى تصدعه، وعند الانتهاء من الصب تنزع المسبوكات وهي ساخنة بدرجة حرارة بحدود 900م° وتترك لتبرد على فرشاة من الرمل، وقبل إعداد القالب للصب مرة أخرى يرمم إذا كان ذلك ضرورياً ثم يغفر من جديد.

هذا وقد تصنع القوالب الخزفية من مادة خاصة تعرف باسم "مركب الشاموت" وهو يتكون من الغضار والشاموت ونشارة الخشب وتراب فحم الكوك ورماد المرشحات الذي تحتجز المرشحات الكهربائية في قنوات الغازات المنطلقة في محطات الطاقة الحرارية والمتخلقة عن احتراق الفحم البني.

وبعد تشكيل القالب (يرك هذا المركب في الريزك)، يجفف ثم يدهن بأسود الرصاص، وتصبح للقالب بعد تجفيفه بنية صلده مع احتفاظه بنفاذية جيدة للغازات، وليس ثمة حاجة في هذه الحالة لمرضعات مفتوحة، لكنه ينبغي جعل أبعاد المصب صغيرة.

تستخدم هذه القوالب في صنع المسبوكات المعقدة والكبيرة الحجم كاسطوانات القاطرات، وفي إنتاج مصبوبات حديد الزهر الرمادي والبرونز ومصبوبات السبائك الخفيفة، هذه القوالب يمكن استخدامها بإنتاج من (20) إلى (40) مسبوكة وقد يزيد العدد عن ذلك. وقد يمكن اعتبار قالب الرمل الغريني الذي ينشأ لإنتاج أكثر من

مسبوك واحد قالباً دائماً، إلا أن في هذه الحالة ينبغي ربط وحدات الطوب الذي يُبنى منها القالب بإحكام جيد، كما يجب أن يتوفر في البناء الطوبي ما يكفي من المرونة والمقاومة لامتناع الإجهادات الناجمة عن تقلص السبوكات، هذا ويجب ترميم الأجزاء المعطوبة من القالب من جراء فتحه وإخراج المسبوكات منه قبل تجميعه وإعداده للعملية التالية.

ومن القوالب الدائمة الحرارية قوالب كربيد السيليكون التي تصنع من مسحوق كربيد السيليكون المعجون بالماء الزجاجي كمادة رابطة، وبعد أن يشكل القالب من عجينة كربيد السيليكون يجفف ثم يدهن بخليط من الغرافيت والماء الزجاجي، ويمكن استخدام مثل هذا القالب لعدد من الصببات يتراوح بين 500 إلى 800 صبة.

الفصل التاسع

الصب في القوالب الدائمة المعدنية

- 1- خطوات وميزات السباكة بالقوالب المعدنية الدائمة.
- 2- أنواع القوالب المعدنية الدائمة.



الصب في القوالب الدائمة المعدنية

1.9- خطوات السباكة بالقوالب المعدنية الدائمة ومميزاتها:

تصنع القوالب المعدنية من حديد الزهر أو من الصلب المتضمن نسبة ضئيلة من الكروم كما تصنع في بعض الأحيان من البرونز. وقد أمكن استخدام قالب حديد الزهر مع إصلاحات بسيطة لإنتاج (15.000) مسبوك من حديد الزهر العادي أو (100.000) مسبوك من الألمنيوم.

وتتكون القوالب المصنوعة من حديد الزهر من قطعتين أو أكثر يمكن تجميعها أو إبعادها عن سطح الفصل، ويشكل الفراغ الداخلي للمسبوك بواسطة قلوب رملية أو قشرية أو من حديد الزهر الرمادي أو الصلب، ولإطالة عمر القالب التشغيلي ولتسهيل إخراج المسبوكات منه يغطى سطحه العامل بطلاء أو دهان خاص، أو يرش بمواد مقاومة للحرارة، ومخلوطة بسوائل مناسبة، وقد يكون الدهان من الإسمنت الحراري المخفف بزيت القلوب (النوى) المضاف إليه الفرافيت، ويمكن للدهان أن يمكث مدة طويلة قبل تجديده، إلا أن ذلك يتوقف على تأثير المعدن المنصهر على القالب، وعلى كل حال يعفو القالب في كل مرة قبل إجراء عملية الصب بهباب الفحم أو سناج كربوني يرسب عليه بلهب أوكسي أستيليني غير كامل الاحتراق، ومن الممكن استعمال القالب بصورة مفودة، أو توضع في حالة الإنتاج الكبير عدة قوالب على صينية دوارة تدور أو سير ناقل مارة بعدد من المحطات حيث تتم العمليات اللازمة فيها ألياً، وتتلخص خطوات السباكة بالقوالب المعدنية الدائمة بما يلي:

- 1- تنظيف القالب بالفراشي أو الهواء الحار المضغوط وحفظها عند درجة حرارة معينة بلهب الغاز وتتوقف هذه الحرارة على نوع المعدن المصبوب.
- 2- طلاء السطح العامل للقالب بمادة مقاومة للحرارة مثل هباب الفحم.
- 3- وضع النواة داخل فجوة القالب في مكانها بشكل دقيق، ثم إغلاق القالب.
- 4- سكب المعدن في حوض القالب من البوتقة.
- 5- ترك المسبوك فترة زمنية كي تتجمد وتبرد.
- 6- فتح القالب وإخراج المسبوك يدوياً أو ألياً.

أما المعادن التي يمكن صبها باستخدام القوالب المعدنية فهي الألمنيوم والزنك والمغنيزيوم والرصاص والنحاس وسبائكها، وفي هذا الصدد ينبغي ألا تزيد درجة انصهار أي من هذه المعادن من درجة انصهار المعدن الذي يصنع منه القالب.

ومن المنتجات التي يمكن الحصول عليها باستخدام القوالب الدائمة مصبوبات أجهزة التبريد وتكييف الهواء، واسطوانات الفراميل الهيدروليكية وأذرع التوصيل، واسطوانات مضخات التفريغ. والصمامات ومصبوبات عديدة أخرى:

— تتميز مسبوكات القوالب المعدنية الدائمة بما يلي:

1- خلوها من الرمال والجزئيات العالقة الأخرى.

2- خلوها من المسامية الناجمة عن الغازات لأن التبريد سريع.

3- نعومة سطوحها.

4- صغر التسامحات والتجاوزات في أبعادها.

2.9- أنواع القوالب المعدنية الدائمة:

تقسم القوالب المعدنية إلى الأنواع الآتية:

1- القوالب المعدنية التي تعمل بالثقالة.

2- القوالب المعدنية التي تعمل بالضغط وفي كلا الحالتين ينبغي أن يكون سطح الفصل في مستوى شاقولي وأن يتضمن أكبر مقطع للمسبوك.

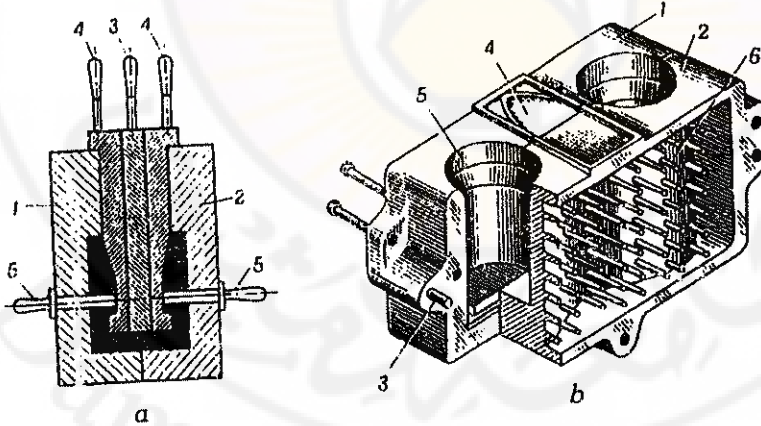
1.2.9- القوالب المعدنية التي تعمل بالثقالة:

إن القوالب المعدنية التي تعمل بالثقالة مشابهة للقوالب الرملية حيث يتم إملاء فجوة القالب بتأثير ثقالة المعدن، ويجب التحكم بحرارة القالب وأن يتم صب المعدن فيه بدرجة حرارة مناسبة لنوع المعدن المصبوب ولذلك يجب التسخين لهذا القالب وللحفاظة عليه بحرارة مناسبة بعد صب المعدن فيه يجب تبريد هذا القالب ويمكن استخدام التبريد الطبيعي للقالب بالهواء بزيادة مساحة سطح القالب الملامسة للهواء (زعانف تبريد) أو بالتبريد القسري وذلك بوساطة مجاري للماء داخل معدن القالب.

يوضح الشكل (1.9، a) رسماً تخطيطياً لقالب سبائك مكبس محرك السيارة من سبيكة الألمنيوم، ويصنع القالب المعدني الذي يكون الشكل الخارجي للمسبوكة من نصفين (1) و (2) وتصنع النواة التي تكون تجويف المكبس من ثلاثة أجزاء ليسهل إخراجها من المسبوكة، فيخرج أولاً الجزء الأوسط وهو بشكل وتدي (3)، ثم الجزءان 4، وذلك بتحريكهما أولاً إلى المنتصف ثم بسحبهما رأسياً وتسحب النواتان (5) بتحريكهما في اتجاه أفقي، ويجعل نظام الصب عند سطح انفصال القالب، مع تغذية المعدن بواسطة حوض صب سيفوني.

تصنع القوالب المعدنية الخاصة لسبائك الأجزاء من السبائك الملونة بصفة أساسية من الصب السبائكي ويبرد القالب عند العمل عادة تبريداً طبيعياً وتصنع القوالب المعدنية لسبائك حديد الزهر والصلب والسبائك غير الحديدية الثقيلة من الزهر، ولزيادة مقاومة القالب يغطي السطح العامل للقالب بمواد خاصة تم ذكرها سابقاً.

ويبين الشكل (1.9، b) قالباً معدنياً لسبائك مكابس من الزهر لمحركات الجرارات، ويتكون القالب من نصفين 1 و 2 يفصلهما سطح انفصال رأسي، ويثبت أحد نصفي القالب، في حين يصنع النصف الثاني متحركاً في الاتجاه الأفقي بواسطة دافع.



الشكل رقم 1.9 السبائك في قوالب معدنية: تعمل بالثقالة.

- a- رسم تخطيطي لقالب معدني لسبائك مكابس محرك السيارة من سبيكة ألومنيوم.
b- قالب معدني لسبائك المكابس من الزهر لمحرك الجرار.

ويضبط القالب عند تجميعه بواسطة دسر ضابط (3) ويصنع نظام الصب عند انفصال القالب وله حوض صب 4، وتركب القلوب في القالب في نقوب خاصة معدة لأدلتها (5).

ويتراوح سمك جدران القالب من (20-30) مم وعلى الجانب الخارجي لكل من نصفيه قضبان للتبريد (6).

وتكون المسبوكات الناتجة بالقوالب المعدنية ذات بنية صغيرة الحبيبات وخواص ميكانيكية مرتفعة، ولكن هناك إجهادات تنشأ في الطبقات السطحية نتيجة لسرعة التبريد، كما تتكون في مسبوكات الزهر طبقة من الزهر الأبيض، ولهذا فإن الأجزاء التي يحصل عليها بالسباكة في هذه القوالب تعالج حرارياً بالتلدين.

2.2.9- السباكة بالقوالب المعدنية التي تعمل بالضغط:

في هذه الطريقة يدفع المعدن المصهور إلى داخل فجوة القالب بسرعة كبيرة بحدود (60) م/ثا وتحت تأثير ضغط عال نسبياً يتراوح (10-500 ضغط جوي).

يصنع القالب من نصفين متناظرين مثبت إحداهما على لوحة متحركة بواسطة مكبس هيدروليكي والنصف الآخر على لوحة ثابتة تحمل المصب، وتستخدم لواقظ مركبة في النصف المتحرك من القالب لنزع المسبوكات.

تستخدم هذه الطريقة للحصول على منتجات رقيقة الجدران وذلك من سبائك المعادن غير الحديدية مثل خلائط التوتياء والألمنيوم والنحاس والقصدير والرصاص.

إن استخدام السباكة بالضغط تضمن حسن امتلاء القالب بالمعدن والحصول على أدق التفاصيل وإقلال المسامية بالمقاطع السمكة للمسبوكات وتكون بنية المسبوكات دقيقة الحبيبات وبذلك تكون مقاومتها عالية وذلك بفضل التبريد السريع للمعدن ضمن قالب الصب. والمسبوكات المنتجة بالضغط تكون منتهية الصنع ولا تحتاج لأي تشغيل ميكانيكي وينحصر استعمال هذه الطريقة على الإنتاج بالجملة، وقد تصل الدقة البعدية لهذا النوع من المسبوكات إلى ($0.01^{\pm}$) مم في حالة الزنك

و(0.02⁺) مم في حالة المغنزيوم، و(0.03⁺) مم في حالة الألمنيوم. تستعمل طريقة الصب في القوالب المعدنية حالياً على نطاق واسع وخاصة في إنتاج التجهيزات الكهربائية وأجزاء الآلات الحاسبة وأجهزة الراديو وبعض أجزاء السيارات والجرارات وغيرها، وللحصول على الضغط في دفع أو حقن المعدن المصهور إلى فجوة القالب تستعمل: إما آلات مكبسية ذات حجرة ضغط ساخنة، وإما آلات ذات حجرة ضغط باردة.

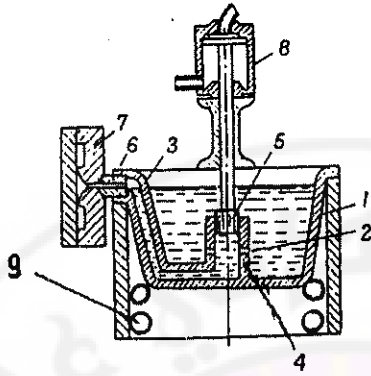
1.2.2.9- آلات السباكة بالقوالب المعدنية ذات حجرة الضغط الساخنة:

تستعمل هذه الآلات للخلات المعدنية التي لا تتفاعل مع معدن غرفة الضغط المغمورة في الخليطة المعدنية المصهورة أي للمعادن ذات درجة انصهار غير مرتفعة، ويستخدم نوعان من هذه الآلات وهما:

أ- الآلات ذات مكبس الضغط:

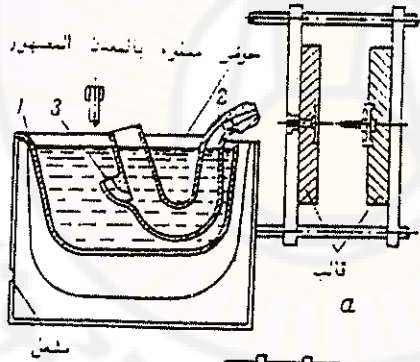
تستعمل للحصول على مسبوكات درجة انصهارها قليلة بحدود 450 م° مثل المسبوكات القصديرية والرصاصية وغيرها، ويصب المعدن المصهور في حمام (حجرة) من الزهر (الشكل 2.9)، وتبقى درجة حرارة الحمام ثابتة بتسخينه بوشائع، ويملأ المعدن السائل خلال الفتحة (2) تجويف الأسطوانة، وقناة التغذية (3)، وعند إدارة يد التشغيل يغلق نصف القالب (7) ويلتصق طرف الأنبوبة بفوهة قناة التغذية، وعند تشغيل أسطوانة آلية الضغط (8) أتوماتيكياً، تتحرك تحت تأثير مكبس الحقن (5) في اسطوانة الحقن 4 فيضغط المعدن المنصهر من خلال قناة التغذية إلى القالب.

وبتجمد المسبوكة في القالب يرتفع المكبس (5) فينساب المعدن السائل من الفجوة (3) وينفتح القالب (7) بتراجع النصف المتحرك من القالب وتحرر المسبوكة، وبعد نفخ القالب تكرر العملية. يصل إنتاجية مثل هذه الآلات النصف آلية إلى (من 50 إلى 250) مسبوكة في الساعة، والآلية تصل إلى (1000) مسبوكة في الساعة.

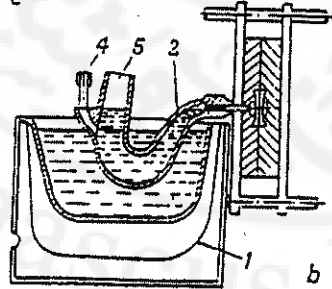


شكل رقم (2.9) آلة مكبسية للسباكة تحت الضغط بغرفة ساخنة للضغط.

ب- الآلات التي تعمل بضغط الهواء مباشرة على سطح المعدن السائل.
الشكل (3.9) يوضح آلية عمل هذه الآلات التي تعمل بهواء مضغوط تحت ضغط (من 10 إلى 100 ضغط جوي).



شكل



الشكل رقم (3.9) آلة بكباس للهواء تحت الضغط بغرفة متحركة للضغط

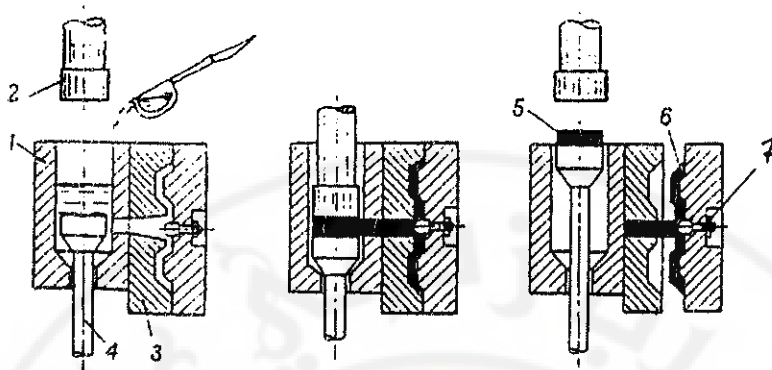
في حجرة الزهر (1) توجد غرفة الضغط المتحركة المنحنية بشكل عنق الإوزة (2)، ويدخل المعدن السائل إلى الغرفة خلال الفتحة (3) ويتخذ بها نفس مستوى المعدن بالحمام في الوضع المبين بالشكل (a, 3.9) وعند التشغيل تتحرك الغرفة (2) إلى الوضع المبين بالشكل (b, 3.9) ويلتصق طرفها بفوهة قناة التغذية لقالب السباكة المغلق، وفي نفس الوقت تغلق الفتحة (3) بواسطة سدادة (4)، ثم يدخل الهواء المضغوط إلى الغرفة خلال الفتحة (5) فإنه يضغط المعدن المنصهر في داخل الغرفة ويدفعه في قالب السباكة وبعد إخراج المسبوكة ونفخ القالب تعاد العملية الإنتاجية. ويقوم بخدمة الآلة شخص واحد وتصل إنتاجيتها (من 50 إلى 500) مسبوكة بالساعة ومن مساوئ هذه الآلة احتمال وجود مسامية في المسبوكات نتيجة الهواء المضغوط المؤثر مباشرة في المعدن المنصهر.

2.2.2.9- السباكة بالقوالب المعدنية ذات حجرة الضغط الباردة:

تستعمل هذه الآلات للخلات المعدنية ذات درجة الانصهار المرتفعة والتي تضر بجدران غرفة الضغط وفيه تصب الخليطة المعدنية وهي بحالة منصهرة وحتى في حالة عجينية، وبهذا تستخدم حجرة الضغط بدرجة حرارة منخفضة وعلى فترات قصيرة.

ومبدأ عمل هذه الآلات كما هو موضح على الشكل (4.9)، يصب المعدن المصهور وغالباً بحالة عجينية، إلى حجرة الضغط (1) بواسطة مغرفة عيارية ويكبس المعدن بواسطة المكبس (2) والمدفوع هيدروليكيًا.

فيضغط المعدن إلى القالب (3) خلال قناة، ويبقى المعدن الزائد فوق المكبس السفلي (4)، ثم يرفع المكبس (2) إلى وضعه العلوي ويزال المعدن المتبقي (5)، بعد ذلك يفتح القالب (3) وتخرج منه المسبوكة (6)، بواسطة لافظ (7)، وبعدها يعاد تجميع القالب وتكرر العملية.



شكل رقم (4.9) رسم تخطيطي لتجميع وعمل الماكينة للمباينة تحت الضغط بهجرة الضغط الباردة.

الفصل العاشر

الصبج بالطرد المركزي

- 1- السبابة بالطرد المركزي بقالب محور دورانه شاقولي.
- 2- السبابة بالطرد المركزي بقالب محور دورانه أفقي.



الصب بالطرد المركزي

عند السباكة بالطرد المركزي، يصب المعدن السائل داخل قالب يدور بحركة دورانية سريعة، فتقذفه القوة الطاردة المركزية وتوزعه في أرجاء القالب الذي يصمم بطريقة خاصة تلائم المصبوبات المطلوب إنتاجها، وغالباً تستخدم هذه الطريقة في إنتاج الأجسام الدورانية البسيطة والدورانية المجوفة، كالمواسير، والأسطوانات، وتيجان التروس، ودواليب السكك الحديدية ... إلخ.

عندما تكون سرعة الدوران ثابتة، فإن قوة الدفع المركزي في القالب تتناسب طردياً مع الكتلة، لذا عندما يصب المعدن في مركز القالب عند محور الدوران، فإنه يندفع تحت تأثير قوة الطرد المركزية (القوة النابذة) نحو المحيط الخارجي تاركاً الشوائب الخفيفة في المركز. وتتوقف درجة الفصل بين الشوائب والمعدن السليم على التفاوت بين كثافتهما، لذلك يلحظ تسامح كبير عند حساب الأقطار الداخلية للمصبوك كي يتسنى إزالة الشوائب المنعزلة، وعليه باستخدام هذه الطريقة يمكن الحصول على مسبوكات خالية من العيوب، متجانسة في أبعادها وذات درجة جودة جيدة.

1.10- طرائق السباكة بالطرد المركزي:

ثمة طريقتان، وذلك حسب وضع محور الدوران وهما:

- 1- طريقة السباكة بالطرد المركزي في قالب محور دورانه رأسي (شاقولي).
- 2- طريقة السباكة بالطرد المركزي في قالب محور دورانه أفقي.

1.1.10- طريقة السباكة بالطرد المركزي في قالب محور دورانه رأسي:

نقسم إلى:

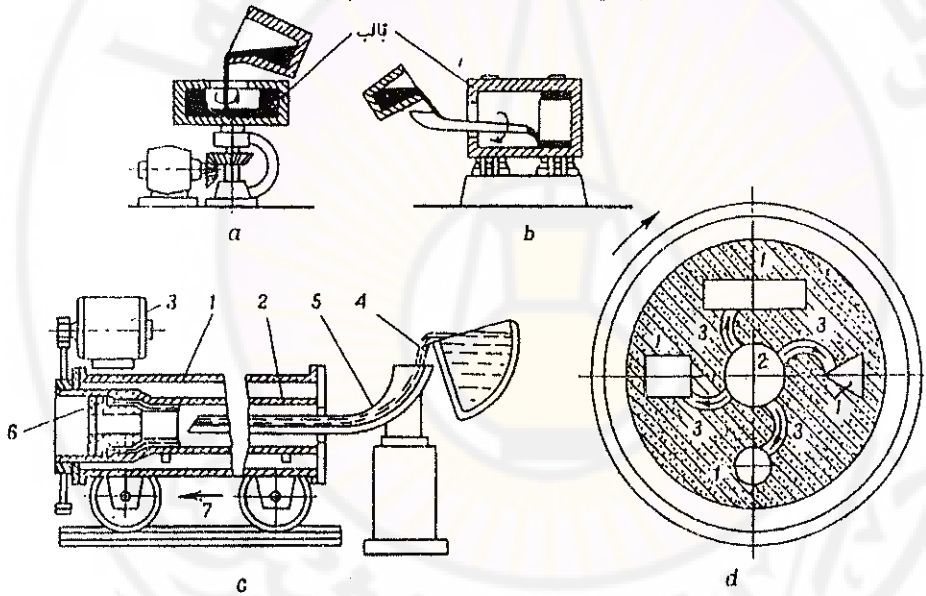
أ- آلات مسبوكات الدفع المركزي:

ب- آلات مسبوكات شبه الدفع المركزي.

1.1.1.10 - آلات مسبوكات الدفع المركزي:

وفيها تكون فجوات المسبوكات في القالب بعيدة عن مركز الدوران ويمتد مجرى الصب عند مركز الدوران ويتصل بفجوات القالب بمجارٍ فرعية.

والشكل (d 1.10) يوضح مبدأ عمل آلة السباكة بالدفع المركزي الشاقولي وبها تدور الآلة مع القوالب (1) حول محور رأسي (2) حيث تعتبر القناة (2) قناة الصب الرئيسية ومنها ينساب المعدن المصبوب في قنوات الصب الفرعية (3) إلى فجوة القوالب حتى تمتلئ القوالب المعدنية أو الرملية (1)، بتأثير القوة الطاردة المركزية ويتوقف مقدارها على كتلة المعدن ونصف القطر وسرعة الدوران وتبقى الشوائب قريبة من محور الدوران أي في قناة الصب الرئيسية (2).



شكل رقم (1.10) آلات للسباكة بالطرد المركزي

- a- بمحور رأسي للدوران.
- b- بمحور أفقي للدوران.
- c- رسم تخطيطي لماكينة سباكة المواسير بالطرد المركزي، بمحور دوران أفقي.
- d- سباكة الأجزاء المختلفة بالطرد المركزي، بمحور دوران رأسي.

2.1.1.10- آلات مسبوكات شبه الدفع المركزي:

يوضح الشكل (1.10- a) آلية عمل آلات مسبوكات الدفع شبه المركزي وفيها يصب المعدن في قالب محور دورانه رأسي ولكن يتكون السطح الداخلي للمسبوكة بشكل غير إسطواني تماماً بل مخروطي إلى حد ما، فيكون الجزء السفلي من المسبوكة أكثر سمكاً من الجزء العلوي، وذلك نتيجة تأثير الثقالة الأرضية، ويزداد هذا الفارق بزيادة ارتفاع المسبوكة، ولهذا فإن الآلات ذات المحور الرأسي للدوران تستعمل لإنتاج الأجزاء قليلة الارتفاع، مثل التيجان البرونزية للتروس والأطواق وكراسي المحاور وغيرها.

2.1.10- طريقة السباكة بالطرد المركزي في قالب محور دورانه أفقي:

تستخدم هذه الطريقة لصناعة المسبوكات الأسطوانية المستقيمة المجوفة كمواسير المياه وقمصان أسطوانات المحركات وذلك بدون استخدام نواة، وبهذه الطريقة يدور القالب في أثناء صب المعدن حول محور أفقي كما يوضح الشكل (1.10- b) فتشكله على المحيط قوة الدفع المركزي وتبقى الشوائب على المحيط الداخلي للمسبوكة، وذلك لخفة وزنها. ويتحدد القطر الداخلي للجسم الأسطواني بالتحكم في كمية المعدن المصبوب داخل القالب وبسرعة دورانه، وإذا كانت سرعة الدوران عالية فإن سماكة جدران المسبوكة متساوية بينما بالسرعة المنخفضة للدوران تكون سماكة الجدران مختلفة وتحدد سرعة الدوران الدنيا بالعلاقة:

$$n = \frac{5520}{\sqrt{\gamma \cdot R}} \text{ حيث } n \text{ عدد الدوران بالدقيقة}$$

γ - الوزن النوعي للمعدن g/cm³.

R - نصف القطر الداخلي للمسبوكة (Cm).

يستخدم في الإنتاج المسبكي لسباكة المواسير بطريقة الطرد المركزي نوعان من القوالب وهما: أ- قوالب معدنية، ب- قوالب رملية.

أ- القوالب المعدنية: تصنع القوالب في هذه الحالة من حديد الصلب أو الزهر، وكما يوضح على الشكل (C-1.10) رسم تخطيطي لآلة صب المواسير بالطرد المركزي في قالب معدني، فيدور القالب (2) داخل غطاء (1) بواسطة محرك (3) وبواسطة مجموعة تروس. ويرد القالب من الخارج بالماء الجاري داخل الغطاء، ويصب المعدن السائل من بوتقة العيار (4) في المجرى (5) الذي يصل إلى الطرف الأيسر للقالب وبه القلب (6) الذي يشكل السطح الداخلي لنهاية الماسورة، ويتحرك جسم الماسورة مع المحرك بعيداً عن البوتقة في الاتجاه الأيسر المبين بالسهم (7) على عجلات وذلك عند صب المعدن،

وتضمن هذه الطريقة لصب المعدن في قالب دائر وفي نفس الوقت متقدم ببطء توزيعاً متساوياً له على طول القالب، وعند وصول طرف المجرى إلى الطرف الأيمن للقالب توقف تغذية المعدن، ويستمر القالب في الدوران حتى يتم تجمد المعدن ويتطلب هذا حوالي دقيقة، وتخرج المسبوكة (الماسورة) من القالب بواسطة قوابض خاصة تمسك بها من الداخل عند نقطة اتساعها ويعود جسم الآلة في هذه العملية إلى وضعه الأول، ولضمان التغذية المنتظمة للمعدن في القالب تستعمل بوتقة العيار (4) وهي بشكل قطاع دائري تحركه آلية خاصة متصلة بنظام تحريك الآلة عند الصب، ويتكون سطح المواسير المسبوكة في قوالب معدنية إلى عمق ما من الزهر الأبيض، ولهذا تعامل بالتلدين، فترسل المواسير بعد إخراجها من القالب مباشرة إلى فرن التلدين وبه تسخن إلى درجة (850 - 950م)، وبعد إبقائها عند هذه الدرجة لمدة تتوقف على عمق طبقة الزهر الأبيض تبرد ببطء إلى درجة (300-325م)، ويكون تركيب الزهر المستعمل لسباكة المواسير عادة كالتالي: (C %3.65-2.6) و (Si %2-1.75) و (Mn %0.55-0.5) و (P %0.6-0.55) و (P %0.6-0.55) و (S%0.8-0.07).

ب- القوالب الرملية: في هذه الطريقة تصبب المواسير داخل قوالب رملية مجففة في أثناء دورانها، وتجهز هذه القوالب في ريارك دائرية، وفي هذه الطريقة لا يبيض زهر المواسير ويصبح التلدين غير ضروري، ويتميز تركيب الزهر في هذه الحالة عنه في الحالة المذكورة أعلاه بانخفاض نسبة السليكون فتصبح نحوه (1.6-1.7%).





الفصل الحادي عشر السباكة المستمرة

- 1- صب الأكابيب والأعمدة بالطريقة المستمرة.
- 2- صب الألواح بالطريقة المستمرة.



السباكة المستمرة

لا تستخدم طريقة الصب بالطرد المركزي لإنتاج الأنابيب (المواسير) الطويلة ذات الأقطار الكبيرة، وذلك لاعتبارات اقتصادية مهمة، ولهذا السبب ابتكرت طريقة الصب المتواصل، التي أمكن بواسطتها إنتاج مواسير تصل أقطارها الأسمية 1500 مم وتصل أطوالها إلى تسعة أمتار.

تستخدم هذه الطريقة بصورة عامة لإنتاج القضبان والمواسير والألواح المعدنية وغيرها، وفيها يصب المعدن خلال ممر رأسي يُبرد باستمرار بواسطة ترتيبات مناسبة، فإذا ما تجمد المصبوب يغذى وهو ما زال ساخناً لدرجة الاحمرار أو يقطع إلى أجزاء حسب الأطوال المطلوبة.

وتمتاز الأجزاء المنتجة بهذه الطريقة بمقاومتها الميكانيكية العالية وبإمكان الحصول منها على مصبوبات رقيقة وباقتصاد في المعدن المستخدم في صبها، وعندما كان التبريد في هذه الطريقة يتم بسرعة، فإن مصبوباتها ذات بنية بلورية دقيقة، ولهذا السبب تصل مقاومة الشد في مصبوبات حديد الزهر الرمادي المنتجة بهذه الطريقة إلى أكثر من ضعف مقاومة الشد في المنتجات المصبوبة في قوالب رملية أو بطريقة الصب بالطرد المركزي. ويمكن تقسيم هذه الطريقة إلى نوعين هما:

أ- صب الأنابيب والأعمدة. ب- صب الألواح.

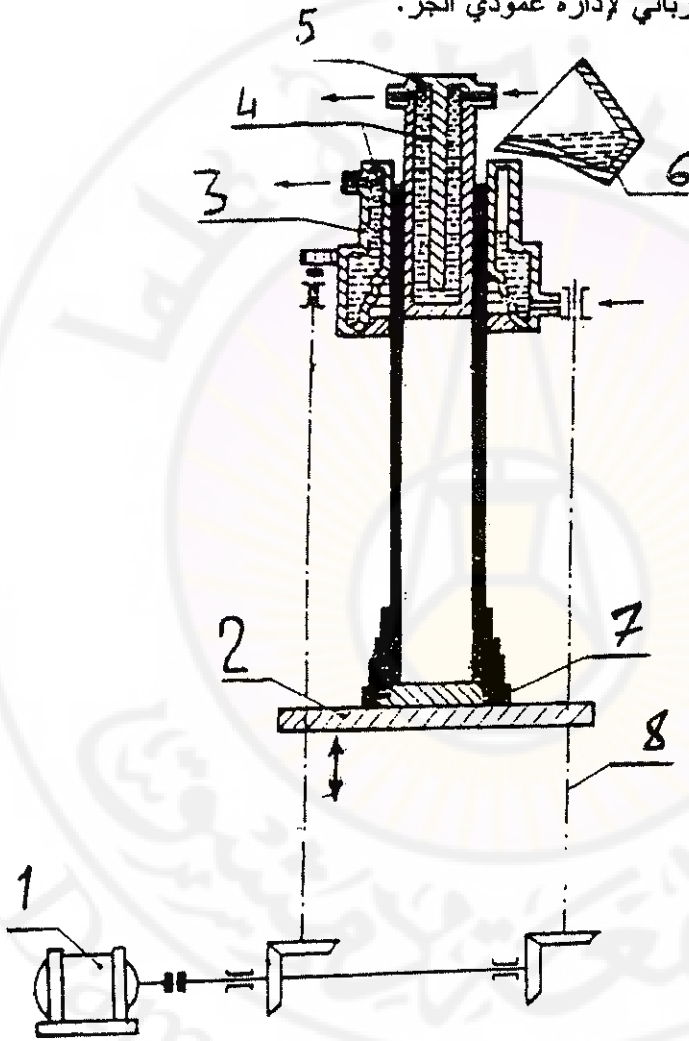
1.11- صب الأنابيب والأعمدة بالطريقة المستمرة.

1.1.11- صب الأنابيب بالطريقة المستمرة.

يبين الشكل (1.11) رسماً تخطيطياً لجهاز (آلة) صب الأنابيب بالطريقة المستمرة ويتألف الجهاز من الأجزاء الآتية:

1- مبرد معدني خارجي أسطواني الشكل مبرد بالماء الجاري ويطابق قطره الداخلي القطر الخارجي للمسبوكة.

- 2- مبرد داخلي معدني أسطواني الشكل يُبرد بالماء الجاري ويطابق قطره الخارجي القطر الداخلي للمسبوكة.
- 3- لوح جذب يتحرك على عمودي جر مقلوظين لتأمين حركة خطية نحو الأعلى والأسفل ويركب عليه نواة معدنية.
- 4- محرك كهربائي لإدارة عمودي الجر.

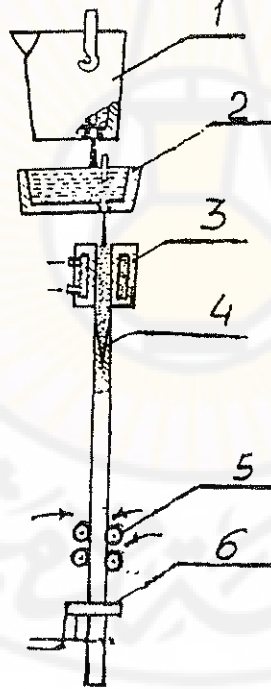


- شكل رقم (1.11) رسم تخطيطي لماكينة صب المواسير بالطريقة المستمرة.
- 1- محرك كهربائي، 2- لوح الجذب، 3- مبرد أسطواني معدني خارجي، 4- ماء التبريد.
- 5- مبرد أسطواني معدني داخلي، 6- المعدن الملتصق، 7- النواة المعدنية، 8- عمود الدوران.

يجمع القالب ويبدأ بصب حديد الزهر المنصهر من البوتقة الحرارية وبعد أن يملأ المعدن فجوة القالب (الفراغ ما بين المبردين) يتجمد نتيجة ملامسته لسطوح المبردات الباردة وفي الوقت نفسه يدور المحرك وينسحب لوح الجذب نحو الأسفل ببطء، فيحصل للماسورة تحت تأثير ثقلها ما يشبه عملية السحب من المبرد. أما لصنع ماسورة جديدة فلا علينا إلا وضع نواة أخرى على لوح الجذب ثم رفعه نحو المبردات ومباشرة صب حديد الزهر من جديد.

2.1.11- صب الأعمدة والقضبان بالطريقة المستمرة:

يبين الشكل (2.11) رسماً تخطيطياً لآلة صب الصلب صباً مستمراً لإنتاج الأعمدة أو القضبان أو البروفيلات الأخرى حسب الطلب، وهي تعمل بنفس مبدأ عمل الآلة السابقة حيث يصب المعدن من البوتقة في حوض وسيط ومنه إلى المبرد حيث يمثل القطرة الداخلي للمبرد، قطر العمود أو قطر القضيب المراد صبه، وينسحب العمود (المسبوكة) بواسطة درافيل ساحبة وحسب الطول المطلوب يتم قص هذه الأعمدة بلهب غازي أو أي وسيلة أخرى.



شكل (2.11) رسم تخطيطي لآلية صب قضبان الصلب صباً مستمراً.

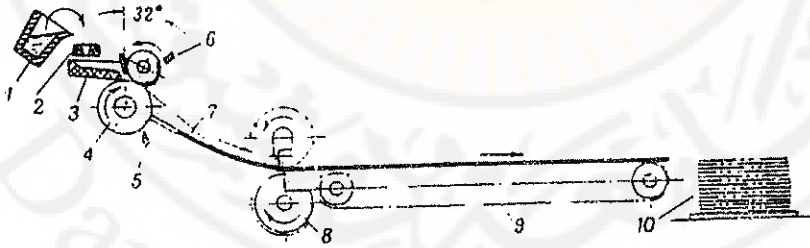
- | | | |
|-----------------|-------------------|-------------------------|
| 1- بوتقة، | 2- حوض وسيط للصب، | 3- قالب للتبريد بالماء. |
| 4- قشرة متجمدة، | 5- درافيل ساحبة، | 6- وسيلة قص. |

2.11- صب الألواح بالطريقة المستمرة:

تتلخص هذه الطريقة لإنتاج ألواح من الزهر فيما يلي:

كما موضح على الشكل (3.11) حيث يصب حديد الزهر من بوتقة رقم (1) في قمع للصب (2) وقناة تغذية ذات مصب عريض (3) ثم إلى الخلوص بين درفيلين دائريين للألة وينساب الزهر السائل بين الدرفيلين على حول المماس لهما، وعند مرور الزهر في الفرجة (الخلوص) بين الدرفيلين يتجمد لتلامسه مع السطح البارد لهما على شكل لوح عريض (شريط) يمكن تغيير سماكته بتغيير المسافة (الخلوص) بين سطحي الدرفيلين في الحدود (0.6-1.2) مم ويقطع لوح المعدن الخارج من منطقة الدرافيل مباشرة في أثناء حركته وهو في حالة التوهج بلون أحمر فاتح (نحو 1000 م) بواسطة مقصات إلى ألواح مستطيلة متساوية أبعادها (500 × 700) مم.

وترتيب ألواح الزهر الأبيض الناتجة بهذه الطريقة في مجموعات من (18-20) لوحاً تعامل بالتلدين بالنظام التالي: تسخين بطيء (ساعتان) حتى (950-1000)°، ثم الإبقاء لمدة ساعتين، والتبريد حتى (700-650)° لمدة (4) ساعات، ثم إتمام التبريد في الهواء، وتتحول ألواح الزهر الأبيض نتيجة للتلدين إلى زهر طروق ذي أساس معدني فيريتي واحتواءات من كربون التلدين، وتكون الخواص الميكانيكية لألواح الزهر بعد تلدينها كخواص الزهر الفيريدي الطروق، وهذا الزهر يمكن تشبيه وتقبه بمسار كما أنه يتشكل في الأسطوية (المكابس).



شكل رقم (3.11) رسم تخطيطي للسبائك المستمرة لألواح الزهر:

- 1- بوتقة فيها زهر مصهور. 2- قمع الصب، 3- قناة (المغذي)، 4- درفيلان، 5 و 6- مكشطان لتنظيف الدرفيلين، 7- مستوى مائل، 8- مقص، 9- ناقل، 10- مجموعة من الألواح.

الفصل الثاني عشر

السباكة الدقيقة باستخدام نماذج الشمع المفقود

- 1- السباكة الدقيقة باستخدام نماذج الشمع المفقود.
- 2- مراحل إنتاج المسبوكات باستخدام الشمع المفقود.



السباكة الدقيقة باستخدام نماذج الشمع المفقود

السباكة الدقيقة:

تستخدم السباكة الدقيقة إما لإنتاج مسبوكات مطابقة بشكلها وأبعادها النهائية لشكل وأبعاد المشغولات المكتملة، أو على الأقل لإنتاج مسبوكات أبعادها في حدود تسامحات ضيقة جداً، ومن أمثلة المسبوكات المنتجة بهذه الطريقة المسبوكات التي ينبغي عدم تشغيلها ميكانيكياً (وذلك لصعوبة التشغيل خاصة إذا كانت الأشكال معقدة كريش العنفات الغازية... وغيرها) أو الاقتصار على تشطيب سطحها بالتلميع فقط. وأهم طرائق السباكة الدقيقة هي:

1- الصب باستخدام نماذج الشمع المفقود.

2- الصب في قوالب قشرية.

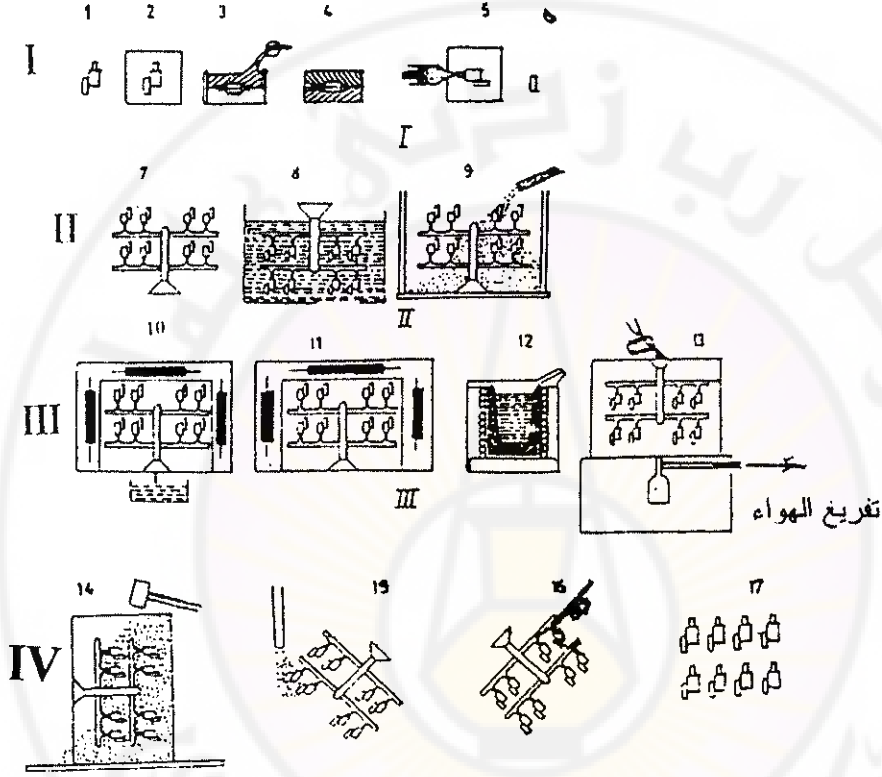
1.12- السباكة الدقيقة باستخدام نماذج الشمع المفقود:

وهي طريقة قديمة استخدمت في القرن التاسع عشر في صناعة الأسنان حيث تتطلب في المسبوكة المطلوب صناعتها دقة متناهية في أبعادها لتلائم الفراغ المعد لها بين الأسنان الأخرى، وقد تطورت السباكة الدقيقة باستخدام نماذج الشمع المفقود في السنوات الأخيرة وشاع استخدامها في سباكة كثير من أجزاء المنتجات الدقيقة في أبعادها والتميز بنعومة أسطحها مما يغني عن استخدام أي عمليات تشغيلية لاحقة لإنهاء (تشطيب) أسطحها، إلا في حدود ضيقة كاستخدام الصقل أو الجلف الدقيق.

ولصعوبة تشكيل بعض السبائك كسبائك ريش العنفات الغازية، بطرائق التشكيل الأخرى، فإن ريش هذه العنفات تصنع حالياً باستخدام الشمع المفقود، فعلاوة على أن هذه الطريقة تساعد في إنتاج منتجات صقيلة السطوح ودقيقة الأبعاد والأشكال، فإنها تعطي سطوحاً خالية من الإجهادات الناشئة عن التشغيل الميكانيك التي تكون في العادة من أهم أسباب الشروخ الدقيقة التي تصبح مصدراً للتآكل بفعل عوامل الصدأ عند تعرضها لغازات الاحتراق في العنفة.

1.1.12- مراحل إنتاج المسبوكات باستخدام نماذج الشمع المفقود:

تتكون تكنولوجيا إنتاج المسبوكات بالطريقة المذكورة من المراحل الآتية: كما يوضح الشكل (1.12).



شكل (1.12)

- I- عمل النموذج: 1- النموذج الرئيسي، 2- تثبيت النموذج في القالب الأساسي، 3- تشكيل النصف الأول من القالب من المعدن المطري، 4- القالب الجاهز، 5- حقن الشمع، 6- النموذج الشمعي.
- II- عمل القالب: 7- مجموعة كاملة من النماذج، 8- غمر مجموعة نماذج في مادة حرارية، 9- تثبيت مجموعة النماذج في مادة تشكيل القالب.
- III- الأعمال التمهيدية للصب: 10- صهر الشمع في فرن كهربائي، 11- تجفيف القالب في فرن كهربائي، 12- صهر المعدن المراد صبه، 13- إجراء الصب الساكن في جو مفرغ.
- IV- فصل المصبوبات وتنظيفها: 14- تكسير القالب، 15- تنظيف المسبوكات بسفعها بتيار رملي، 16- فصل المصبوبات، 17- المصبوبات الجاهزة.

- 1- تجهيز نموذج قياسي للمنتج.
 - 2- تجهيز قالب لصب النماذج الشمعية.
 - 3- صب النماذج الشمعية بالحقن وتجهيزها.
 - 4- تجهيز شجرة النماذج وذلك ب تثبيت النماذج على قضبان شمعية تمثل المصنوب وقنوات التغذية وقمع الصب وذلك باستخدام أدوات يدوية ساخنة لصهر النماذج الشمعية بعضها مع بعض، كما يوضح الشكل (7.1.12).
 - 5- تطلى مجموعة النماذج (أو شجرة النماذج) الشمعية بغمرها بمحلول الرمل السيليسي الناعم جداً مع مادة رابطة من السليكا وذلك للمعادن ذات درجة الانصهار العالية شكل (8.1.12) ثم يرسم سطحها بالرمل الناعم.
 - 6- تجفف الطبقة الرملية المترسبة على النماذج الشمعية عند درجة حرارة (C°20) وذلك لمدة (6) ساعات.
 - 7- يدخل الريزك مع مجموعة النماذج بفرن بدرجة حرارة (من 100-120°م) حتى يسيل الشمع منه شكل (10.1.12).
 - 8- ترفع حرارة القالب إلى درجة حرارة (1000°م) حتى يتصلب ويجفف وتزال آثار الشمع.
 - 9- إجراء عملية صب المعدن المصهور في القالب وهو بدرجة حرارة بحدود (700-900°م) وذلك إما بطريقة تفريغ الهواء أو بطريقة الصب تحت الضغط أو بالطرد المركزي كما يوضح الشكل (13.1.12).
 - 10- إخراج المسبوكات من القالب وتنظيفها حتى تصبح جاهزة للاستثمار.
- يتم صنع النموذج القياسي للمسبوك من الصلب أو السبائك النحاسية بالتشغيل الميكانيكي القياسي للمسبوك من الصلب أو السبائك النحاسية بالتشغيل الميكانيكي الدقيق مع الأخذ بعين الاعتبار انكماش الشبكة التي ستصنع منها المسبوكات الدقيقة،

وقد يصنع النموذج القياسي التي ستصنع منها المسبوكات الدقيقة، وقد يصنع النموذج القياسي من بعض أنواع الخشب الجيد، وتصنع طبقا للنموذج القياسي قوالب من السبائك الخفيفة ذات درجة الانصهار المنخفضة أو من الجيلاتين لكبس النماذج الشمعية، ويتكون القالب من نصفين ويمكن فتحه.

وتجرى بمساعدة هذه القوالب سباكة النماذج الشمعية من سبائك شمعية منصهرة، أو من مواد تسيل بالحرارة، أو من الزئبق بنفس الطريقة التي تسبك بها المعادن تحت الضغط، وتتكون السبائك الشمعية المستعملة لتجيز النماذج المفقودة عادة من بدائل الشمع الطبيعي كالسيريزين والبرافين وغيرها، أما في حالة استخدام الزئبق فلا بد من تبريد القالب الرئيسي إلى حوالي 60 م كي يتسنى تجمد النموذج ويجب ان تكون سطوح النموذج، سواء كان شمعيًا أم زئبقيا سطوحها ناعمة خالية من الفجوات أو الخدوش أو أي عيوب أخرى.

تؤخذ مجموعة النماذج الشمعية وترص في صفوف ثم يوصل بينها بقضبان شمعية باستخدام أدوات لصق ساخنة، ثم توصل في النهاية بقضيب واحد يمثل مع الوصلات المذكورة المجاري التي يسري فيها المعدن عند صبه، ويضاف للمجموعة في أسفلها حوض صب أو فتحة صب شمعية ترتكز بها على قاعدة من الصلب.

تطلى كتلة النماذج الشمعية هذه بغرمها في محلول الرمل السيليسي الناعم جدا وكمية صغيرة من الجرافيث والماء الزجاجي ثم يرصن سطحها بمسحوق الكوارتز المحمص عند درجة 400-500 م وذلك لتحسين تماسكها مع رمل القالب ثم تجفف عند الدرجة (20) م تقريبا لمدة (5-6 ساعات).

توضع كتلة النماذج في صندوق أو ريزك وتصب حولها المادة التي سيصنع منها القالب، ومادة القوالب تصنع عادة من المواد التي تتحمل درجات الحرارة العالية كمسحوق السليكا ومادة رابطة كعجينة باريس وتخلط بالماء لتكون معجونا سائلا يمكن صبه حول النموذج فيحيط بها ويرتبط بالمادة المغطية لها وتعرض المجموعة كلها

للاهتمامز لفترة وجيزة (قد تطول لمدة ساعة) حتى يتسرب المعجون حول أركان وفجوات النموذج ويأخذ شكله وليسهل طرد فقائيع الهواء التي قد تحبس بالمعجون، وتترك المعجونة للتجمد بالجفاف.

وقد تصنع مادة القوالب من الرمل الكوارتزي المضاف إليه الماء الزجاجي أو خليط من الرمل الكوارتزي وإضافات من الغضار الحراري بنسبة (5-6%) ويجفف القالب عند درجة 20 م لمدة 2-3 ساعات.

ويراعى عدم فصل النموذج عن القالب الذي ينبغي أن يظل مقللاً بعد عملية تشكيل القالب.

تنزع بعد ذلك قاعدة الصندوق المصنوعة من الصلب ويكشف عن فتحه الصب الشمعي لأن من المحتمل أن تتسرب إليها العجينة وتفصل بينها وبين القاعدة، وتترك فتحة الصب في اتجاهها نحو الأسفل بالنسبة للقالب وينزع الريزك المحيط بالقالب ثم يدخل إلى الفرن على حصيرة درفيلية تنقله بالتدريج إلى داخل الفرن ثم إلى نهايته الأخرى، وبالتسخين التدريجي ينصهر النموذج الشمعي عند درجة حرارة (100-120 م) وينساب الشمع السائل مقللاً في القالب فجوة على درجة عالية من الدقة، ولضمان إزالة النموذج تماماً يبقى استمرار تسخين القالب لدرجة حرارة (150 م) ولمدة (1.5-2 ساعة) وبعد ذلك يلبد القالب عند درجة (700-900 م) تقريباً لتحسين مقاومته، ثم يبرد في النهاية إلى درجة حرارة (700-900 م) تمهيداً لإجراء عملية السباكة.

يتم صهر السبائك المستخدمة في أفران كهربائية قوسية أو بالمقاومة، وذلك حسب نوع السبيكة ثم يجري صبها في القوالب تحت ضغط يتراوح من (2-5 ضغط جوي) أو بطريقة الطرد المركزي.



الفصل الثالث عشر

السباحة الدقيقة باستخدام

القوالب القشرية

- 1- عناصر خلطة القوالب القشرية.
- 2- خطوات صنع القوالب القشرية.
- 3- مزايا ومساوئ السباحة في القوالب القشرية.



السباكة الدقيقة باستخدام القوالب القشرية

لوحظ عند سباكة المعادن في قوالب رملية أنه لا يسخن من الرمل إلا الطبقة الرقيقة الملاصقة للمسبوك أي أن باقي الرمل لا يتعرض لدرجة حرارة عالية، وقد استغلت هذه الحقيقة في الطرق الحديثة للحصول على المسبوكات بصيها في قوالب رقيقة الجدران (قشرية) من خليط خاص لمواد السباكة يتكون من رمل الكوارتز الناعم وإضافات من البكاليت نسبتها (5-6%) وللباكليت قابلية للانصهار عند ملاسته لسطح النموذج المعدني الساخن، وتغليف حبيبات الكوارتز ثم التحميص مكوناً قشرة متماسكة ذات ناقلية جيدة للغازات.

يمكن استخدام هذه الطريقة لكافة معادن السباكة كالصلب، وسبائك الصلب الخاصة، وحديد الزهر، وسبائك النحاس والتيتانيوم. وتصلح هذه الطريقة بصفة خاصة لصب المسبوكات ذات الجدران الرقيقة.

1.13- عناصر خلطة القوالب القشرية:

تتركب الخلطة التي تصنع منها القوالب القشرية من الرمل، والمادة الراتنجية الرابطة، وإضافات تحسين الخواص، والمزلقات.

1.1.1.3- الرمل:

تحتوي الرمال المستعملة في السباكة بالقوالب القشرية على نسبة مرتفعة من السليكا والزيرون ونسبة منخفضة من المواد العضوية والغضار، وكلما قلت النسبة المثوية للمواد العضوية قل استهلاك المادة الراتنجية والعكس صحيح، كما أن استهلاك المادة الراتنجية الرابطة يزداد بازدياد دقة حبيبات الرمل، ولهذا يفضل استعمال رمال خشنة الحبيبات نسبياً، ويكون لرمل القوالب القشرية أحد الأشكال الآتية:

- 1- حبيبات كروية: وهي ذات نفوذية جيدة وإجهادات حرارية منخفضة وتتطلب أقل كمية من المادة الراتنجية الرابطة مما يجعلها ملائمة لصنع القلوب بشكل خاص.

2- حبيبات زاوية: وتفضل لإنشاء القوالب.

3- حبيبات شبه زاوية: وهي تكون وسط بشكلها وخواصها بين الحبيبات الكروية والحبيبات الزاوية، وتستعمل في صناعة القلوب أكثر من استعمالها في صناعة القوالب.

2.1.13- المادة الراتنجية الرابطة:

إن الراتنج الاصطناعي المستعمل في السبابة بالقوالب القشرية هو مادة لدنة حرارياً يضاف إلى مواد مبلعمة لاكتساب الراتنج خواص التصلد بالحرارة. ويعد راتنج (الفينول - فورما ألدهيد) أكثر المواد الراتنجية استعمالاً في السبابة بالقوالب القشرية، وهو راتنج مقاوم للحرارة والرطوبة وذو خواص إنسيابية جيدة وتصبح قوة تماسكه عندما يتحد بالرمل عالية.

وللراتنج الفينولي المستعمل في القوالب القشرية عدة أنواع منها:

1- ورنيش الفوفولاك: وهو يحتوي نحو (60-70%) من المواد الصلبة، ويذوب ببطء في الماء، كما أنه مزود بمذيبات عضوية كالكحول.

2- النوفولاك المائي: يحتوي نحو (70-80%) من المواد الصلبة ويجب أن يستعمل مع الرمل أو الهواء الساخن (60-100°م).

3- الراتنج الرقائق الكتلتي: ويتطلب رملًا ساخنًا أيضاً.

3.1.13- الإضافات الأخرى:

يعد وجود بعض الإضافات الأخرى في خليطة الرمل - راتنج ضرورياً لتحسين جودة تشطيب السطوح والأبعاد، وإنقاص الانهيارات الحرارية أثناء عملية الصب، ويعتبر الفينزول أحد الإضافات الشائعة، ومن الإضافات المعروفة تجارياً ما يلي: غبار الفحم البنتونيت، مسحوق الخبث، ثاني أكسيد المنغنيز، راتنج لتسهيل عملية سحب النموذج من القالب، وتحسين انسيابية الرمل، وزيادة قوة الشد للقالب،

ومن أنواع المزلاقات المستعملة سيترات الكالسيوم، وستيرات الزنك، والشمع الكارنوبي وتبلغ نسبة المزلق عادة (2.5%) من احتواءات الراتنج من المواد الصلبة.

2.13- خطوات صنع القالب القشري:

لصنع القالب القشري تُتبع الخطوات المبينة على الشكل (1.13) حسب التسلسل الآتي:

- أ- تصنيع النموذج ويوضع على لوح النموذج المصنوعة من المعدن ثم يتم تسخين كل من النموذج ولوحة النموذج تبعاً لدرجة انصهار المادة الراتنجية، إلى درجة حرارة تتراوح بين (200-300°م) ثم ترش عليها خليطة رمل الكوارتز الدقيق الحبيبات والراتنج الفينولي (البلاستيك) بشكل (1.1.13)
- ب- تنصهر المواد الرابطة المختلطة بالرمل عند ملاستها لسطح النموذج الساخن، وتكون من الرمل في ثوان معدودة، طبقة منتظمة الشكل تتراوح سماكتها تبعاً لطول فترة التسخين من 4-12 مم وكما موضح على الشكل (2.1.13).
- ت- تقلب لوحة النموذج بعد ذلك فيسقط الرمل السائب الباقي وغير المتأثر بالحرارة، ويبقى الغلاف القشري المتماسك شكل (3.1.13).
- ث- تحمص قشرة الرمل المتوضعة فوق النموذج وذلك بحرارة 450°م ولمدة (3-5 دقائق) ويتم ذلك في أفران خاصة أو أي وسيلة أخرى، لكي تتصلب القشرية بشكل كامل شكل (4.1.13).
- ج- تزال القشرة عن النموذج بواسطة لواقظ موجودة في لوحة النموذج أي وسيلة أخرى شكل (5.1.13).
- ح- يُصنع النصف الثاني بنفس الطريقة ثم يجمع النصفان ويربطان معاً لتكوين قالب السباكة المتناظرة شكل (6.1.13) وبعد ذلك يوضع القالب في وعاء ويحاط بالرمل.

يستطيع القالب مقاومة ضغط المعدن المصهور حتى يتجمد المعدن ثم ينفكت القالب بعد ذلك حيث تحترق المادة الرابطة، ومن ثم يصبح من السهل تنظيف المسبوكات.

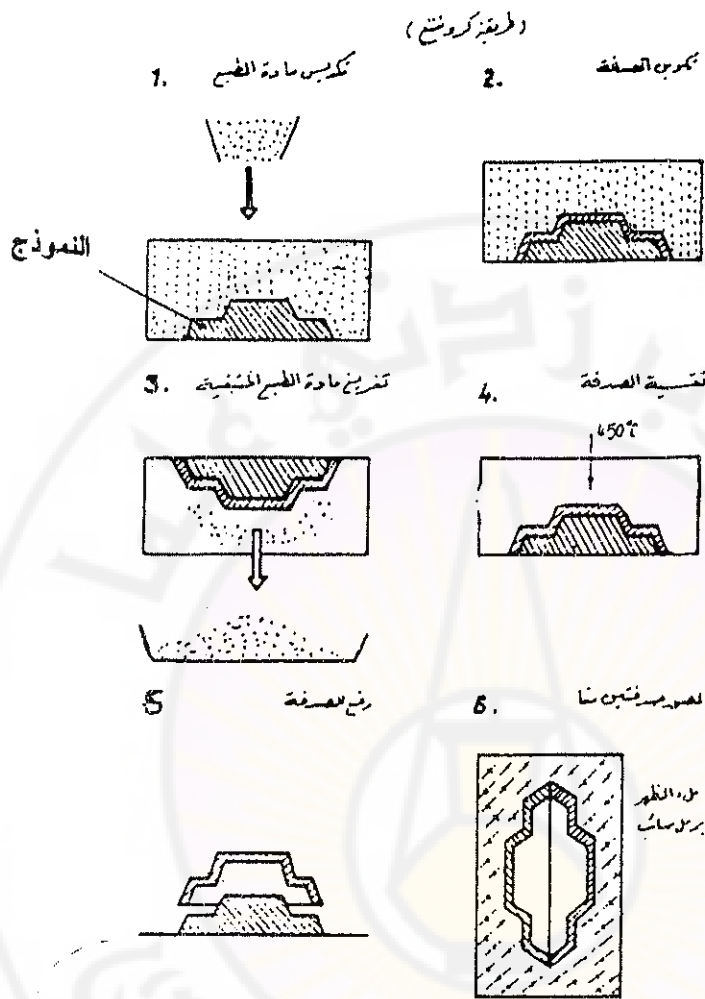
صناعة النواة للقوالب القشرية:

يمكن استخدام نواة رملية مصنوعة من أحد رمال النوى المذكورة سابقاً، أو يمكن استخدام نواة قشرية حيث تحضر بإجماء قالب النواة المعدنية ويملاً بعد ذلك بالرمل القشري الذي يترك لفترة من الزمن ضمن القالب حتى تتصلب سماكة محدودة من الرمل القشري وبعدها يفرغ القالب المعدني من الرمل القشري الزائد (غير متأثر بالحرارة)، وبذلك نحصل على نواة قشرية حيث نقوم بتحميمها بالحرارة اللازمة لتستخدم ضمن تجويف القالب حسب المسبوكة المطلوبة.

3.13- مزايا ومساوئ السباكة في القوالب القشرية:

1.3.13- مميزات السباكة بالقوالب القشرية:

- 1- مناسبة للإنتاج الكمي من المسبوكات.
- 2- تكون مسبوكاتها دقيقة الأبعاد وناعمة السطوح مقارنة بالسباكة بقوالب رمل السباكة الطبيعي.
- 3- تحتاج هذه الطريقة (10-20%) رملًا قشرياً مقارنة بطرق السباكة برمل السباكة الطبيعي.
- 4- تتميز القوالب القشرية بنفاذية عالية للغازات وعدم امتصاص الرطوبة وبذلك يمكن تخزينها.
- 5 - لا تحتاج هذه الطريقة إلى ريزاك.
- 6 - انخفاض تكاليف الإنتاج بدرجة كبيرة لقلة النفائات ولصغر احتمال رفض المسبوكات لعدم صلاحيتها.



شكل رقم (1.13) خطوات تصنيع القالب القشري

1.3.2- مساوي السباكة بالقوالب القشرية:

- 1- ارتفاع تكاليف النماذج والرمل والمادة الرابطة.
- 2- تعقيد تجهيزات النموذج المعدني (لوح النموذج ولواظ على هذا النوع).
- 3- اختصار استخدامها على إنتاج المسبوكات الصغيرة حجماً ووزناً.
- 4- حاجتها إلى تجهيزات إضافية ودقة مراقبة.



الفصل الرابع عشر

كشف عيوب المسبوكات

(فحص المسبوكات)

- 1- الاختبارات البصرية والصوتية بصدمة من مطرقة.
- 2- اختبار الضغط الهيدروستاتيكي.
- 3- التفتيش بالدقائق المغناطيسية.
- 4- الفحص الراديوغرافي.
- 5- الاختبار بالأمواج فوق الصوتية.



كشف عيوب المسبوكات (فحص المسبوكات)

فحص المسبوكات: هي عملية التأكد من مطابقة هذه المسبوكات للمواصفات الفنية التي يشترطها المستهلك أو للظروف والشروط الاستثمارية بشكل عام، والمواصفات الفنية عبارة عن بيان موجز لمجموعة المتطلبات التي ينبغي تحقيقها في منتج ما مع إيضاح الطريقة التي يمكن بها التحقق من استيفاء هذه المتطلبات كلما كان ذلك ممكناً.

تفاوت تفتيش المسبوكات من ملاحظة الشكل الخارجي إلى الدراسة الشمعية (الراديوغرافية) الكاملة لجميع المسبوكات، ودراسة التحليل الميكروسكوبي لمعرفة بنیان المعادن والسبائك وتحديد حجم وشكل الحبيبات ووجود العيوب، وطبيعة المعالجة الحرارية وتحديد مكونات السبيكة ... إلخ. وسواء كان المفتش يعمل لحساب المسابك أو لحساب المستهلك فهو يمثل في حقيقة الأمر جودة المنتج ومن مهامه رفض جميع المسبوكات التي لا تطابق المواصفات الفنية للقطعة المنتجة هي التي بالنتيجة سيرفضها المستهلك.

يجب أن يتمتع مفتش الجودة بما يلي:

- 1- أن يكون على اطلاع كامل بالمواصفات الفنية للمسبوكات ورغبات المستهلك والشروط. والظروف الاستثمارية للمسبوكات المنتجة.
- 2- أن يكون واسع الإلمام بطبيعة وسبب العيوب في المسبوكات، ومواطن احتمال حدوثها.
- 3- أن يعرف كيف أن يربط ويقدر جميع الظروف والإمكانات التي تحت تصرفه، ويبت بقرارات واضحة ومعقولة متخذاً موقفاً متعاوناً مع كل من المستهلك والمنتج.

1.14- طرائق كشف عيوب المسبوكات:

يقسم التفتيش على المسبوكات إلى:

أ- تفتيش إتلافي.

ب- تفتيش غير إتلافي.

أ- تقطع بالمنشار في أسلوب التفتيش الإتلافي من المسبوك أو من المسبوكات نماذج تستخدم كمعينات لفحص المسبوكات من حيث العيوب الداخلية، ويتوقف نجاح هذه العملية على خبرة المفتش ومقدرته على استنتاج المواقع الأكثر احتمالاً لوجود العيوب بها.

هذه الطريقة ليست يقينية بأي حال من الأحوال لأن المسبوك المنتقى قد لا يمثل متوسط المسبوكات وإن كثيراً من المسبوكات قد تقبل وكأنها جيدة قبل اكتشاف ميل للعيوب فيها.

ب- تضم أساليب التفتيش غير الإتلافي الطرائق الآتية:

- 1- المشاهدة والفحص البصري.
- 2- اختبارات الصوت.
- 3- اختبارات الأمواج الصوتية.
- 4- اختبارات الضغط الهيدروستاتيكي.
- 5- التوصيل الكهربائي.
- 6- التفتيش بالدقائق المغناطيسية.
- 7- التفتيش الراديوغرافي.
- 8- النفاذات.

2.14- الاختبارات البصرية:

تتعرض جميع المسبوكات أثناء تنظيفها لفحص بصري مهمته استبعاد جميع المسبوكات المعيبة التي عيبها ظاهر، والفحص البصري يجنبنا تكاليف التشغيل المرتفعة التالية، لذا تفحص المسبوكات من حيث صلابتها وخلوها من البخبة والفجوات كأن يستعمل المفتش مبرداً عادياً يدفعه على سطح المسبوك شوطاً واحداً ليعطيه فكرة عن مدى صلابته، كما تفحص المسبوكات أيضاً من حيث الزعانف والزوائد وحوامل القلوب.

غالباً ما تظهر على سطح المسبوك فتحة غاز كبيرة أو تقلص حجمي ضخم على هيئة ثقب صغيرة يبدو وكأنه فراغ صغير غير ضار، غير أن من الأسلم أن تختبر مثل هذه الفراغات بطرف سلك معدني لتحديد أعماقها ومقاساتها.

وقد يكشف عن العيوب التي تحت السطوح بطرق المسبوك بمطرقة أو (شاكوش) مدبب، فإذا ما كان العيب مستورا بقشرة رقيقة غاص الطرف المدبب للمطرقة في المسبوك مهشما هذه القشرة، أما إذا كانت القشرة سميكة ولم تنكسر فإن صوت الصدمة قد يدل على عدم استمرار المعدن في المسبوك.

3.14- اختبارات الصوت بصدمة من مطرقة:

تلخص اختبارات الصوت بأن يعلق المسبوك إلى خطاف ويطرق بمطرقة أو شاكوش صغيرة ثم تقارن درجة أو نوع نغمة صوت المسبوك الخاضعة للاختبارات بمثلتها في مسبوك تالف.

تعطي هذه الطريقة فكرة عن عدم الاستمرار الكبير للمعدن ولكن لا يعتمد عليها اعتمادا كليا، نظرا إلى أن أي شرخ في اتجاه ما في المسبوك قد لا يحدث تغييرا كبيرا في طول موجة الصوت من ثم لا يعطي اختلافا في النغمة، كما أن عوامل مختلفة مثل التعقيد في التصميم وتركيب البنية البلورية يمكن أن تعمل على تبديل النغمة.

يضاف إلى ما سبق أنه باستعمال هذه الطريقة قد يشتبه بعيب إلا أن من الصعب تحديد مدى هذا العيب والحكم على تأثيره الضار في وظيفة المسبوك، يتم هذا النوع من الاختبارات باحتراس شديد وإلا نشأ عنه تلف في المسبوكات السليمة ولهذا يصعب تطبيق مثل هذه الطريقة.

4.14- اختبار الضغط الهيدروستاتيكي:

يستعمل الماء والهواء والبخار في اختبار التسرب في كثير من المسبوكات مثل الوصلات والصمامات وغيرها، ومع أن الاختبار يكشف ويحدد في الحال مكان التسرب الموجود إلا أنه لا يؤكد أن التسرب قد لا يحدث فيما بعد عند استعمال

المسبوك. إذاً قد لا تمتد الشروخ الخيطية في المقطع حالياً، إلا أنها قد تنمو عند استعمال المسبوك ويتعاطم خطرهما.

يفضل الاختبار باستعمال البخار على الاختبار باستعمال الماء، لأن البخار يؤدي إلى نمو الشروخ بسبب التمدد، ولكي نتجنب الحوادث نخبر المسبوكات بالماء أولاً، ثم يعاد اختبارها بالبخار.

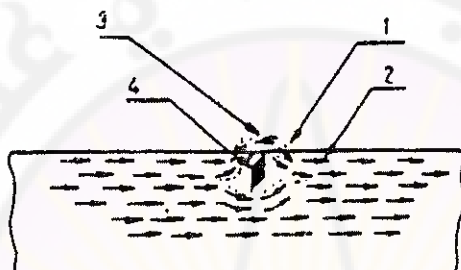
5.14- اختبار نفاذ السوائل:

تتلخص هذه الطريقة بأن يدهن سطح المسبوك بزيت نفاذ ويترك لمدة معينة فيتسرب الزيت بتأثير الخاصية الشعرية إلى الشروخ إن وجدت، ينظف سطح المسبوك من الزيت بعدئذ ثم يوضع جانباً للفحص، فإذا ما وجدت الشروخ فإن الزيت ينز باتجاهه عكسي عبر الشرخ مظهراً مكان العيب، ولكي نساعد على كشف العيب بشكل واضح يدهن المسبوك بعد تنظيف سطحه من الزيت بدهان أبيض أو بمسحوق الطاق، وعندما ينز الزيت للخارج فإن طبقة الدهان تمتصه وتغير لونها دالة على وجود العيب.

6.14- التفتيش بالدقائق المغناطيسية:

من المعروف أنه كلما كانت البنية البلورية للمسبوك جيدة ومتجانسة ومعدنه مستمراً كانت نفاذية المسبوك للمغناطيسية جيدة، والعكس صحيح، لأن عدم الاستمرار في معدن المسبوك ووجود العيوب فيه يقلل من نفاذه للمغناطيسية، فإذا ما عرض مسبوك خال من العيوب لمجال مغناطيسي فإن خطوط الطيف المغناطيسي تجتاز معدن المسبوك متوزعة بانتظام، أما في حال وجود عدم استمرار في معدنه كوجود الشروخ أو الفجوات فإن خطوط الطيف تتركز حول حدود العيب متجنباً عبوره، وعلى هذا الأساس عندما تنتثر برادة الحديد في مسار مجال مغناطيسي تصطف الدقائق المغناطيسية في اتجاه خطوط القوى وتوزع نفسها بشكل يتناسب مع شدة تركيز هذه الخطوط، فإذا ما وجد عيب في المسبوك فإن الدقائق تتركز حول منطقة العيب وتعمل على إحاطتها بغير انتظام (لاحظ الشكل 1.14) تمنط المسبوكات بطرائق مباشرة أو

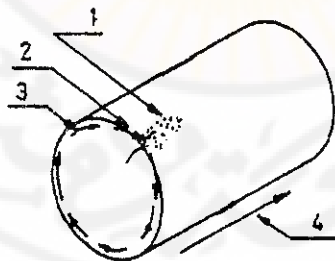
غير مباشرة، ففي الطريقة غير المباشرة يوضع المسبوك بين قطبي مغناطيسيين أو يحاط بملف يغذى بتيار ثابت أو يلف حوله سلك مرن، ويعمل المسبوك في هذه الحالة عمل القلب الحديدي للمغناطيس الكهربائي، أما في الطريقة المباشرة فيمغنط المسبوك كلياً بإمرار تيار كهربائي فيه، ويمكن التحكم باتجاه المجال في هذه الحالة بالتوقيع المناسب لنقط التلامس على المسبوك حتى يمر التيار في الاتجاه المختار، تكون خطوط المجال مساراً دائرياً في مستوى عمودي على خط انسياب التيار، أي بما يشبه المجال المغناطيسي الذي ينشأ حول سلك ناقل للتيار لاحظ الشكل (2.14).



شكل (1.14) تفتيش المسبوكات بالدقائق المغناطيسية (الطريقة غير المباشرة)

1- برادة الحديد، 2- خطوط المجال، 3- تسرب المجال، 4- غيب.

يلون مسحوق الحديد المستخدم باللون الأحمر ويمكن أن يكون جافاً أو رطباً، فالمسحوق الجاف يوضع على السطوح الأفقية بمساعدة هزاز يدوي وعلى السطوح الرأسية بمساعدة منفاخ انبوبي، أما المسحوق الرطب فيرش أو يصب مباشرة على السطح.



شكل رقم (2.14) تفتيش المسبوكات بالدقائق المغناطيسية (الطريقة المباشرة)

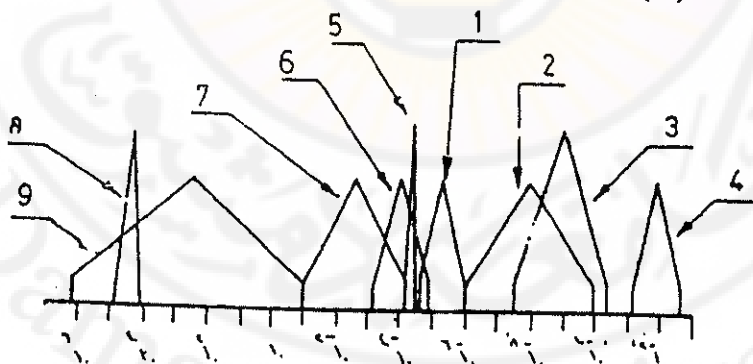
1- برادة الحديد، 2- تسرب المجال، 3- مسار خطوط المجال، 4- اتجاه التيار.

عدا ذلك يمكن أن يكون المسحوق معلقاً في سوائل مثل الكيروسين أو الغازولين أو ثالث كلوريد الكربون، إلا أن الكيروسين والغازولين يتعرضان لأخطار الحريق، أما ثالث كلوريد الكربون فهو سام.

7.14- الفحص الراديوغرافي:

يعتمد الفحص الراديوغرافي على بعض خواص المواد كالشفافية والإعتام، فالمواد الشفافة هي المواد التي يمر خلالها الضوء دون أن يمتص، ويعبر عن درجة الشفافية للمواد بقابلية العين البشرية لكشف الأجسام خلالها، وتتوقف درجة الشفافية على مقدار الضوء الذي يمر خلال المادة دون أن يمتص أو ينكسر، وقد كشف عن أشعة كهرومغناطيسية لها خواص تشبه خواص أشعة الضوء التي تقع أطوال موجاتها خارج مدى حساسية الإنسان إلا أن طول موجات الأشعة الكهرومغناطيسية أقل من تلك التي للضوء، تخترق الأشعة الكهرومغناطيسية المواد المعتمة (بالنسبة للضوء) وتزداد قدراتها على الاختراق كلما قلت أطوال موجاتها.

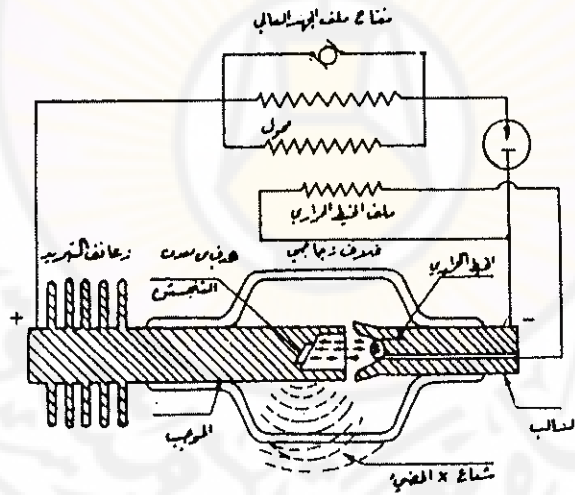
وتختلف قدرة الأشعة على اختراق المواد باختلاف كثافتها أيضاً، فيطلب الفولاذ عند التفتيش الراديوغرافي موجات أقصر من التي تلزم للألمنيوم أو المغنزيوم، ويمكن تصنيف الإشعاعات الكهرومغناطيسية المختلفة حسب أطوال موجاتها كما هو مبين على الشكل (3.14)، ويفضل في التفتيش الراديوغرافي استعمال أشعة (X) أو أشعة جاما (γ).



شكل رقم (3.14) تصنيف الإشعاعات الكهرومغناطيسية حسب أطوالها (سم)
 1- مافوق البنفسجي، 2- أشعة X، 3- أشعة γ ، 4- أشعة كونية، 5- مرئي،
 6- إشعاع شمس، 7- ما دون الحمراء، 8- حزام إذاعي، 9- موجات لا سلكية.

مبدأ توليد أشعة (X):

يتألف جهاز توليد أشعة (X) من عنصرين نحاسيين أحدهما سالب والآخر موجب موجودين في أنبوبة مفرغة الشكل (4.14)، يوضع في العنصر السالب ملف حراري، ويوضع في العنصر الموجب من التنجستن، عندما يسخن الملف كهربائياً تندفع كمية من الإلكترونات ذات الشحنة السالبة من القطب السالب نحو القطب الموجب، وباصطدام هذه الإلكترونات بمعدن التنجستن تقف عن الحركة وتتحول معظم طاقتها إلى طاقة حرارية تبدد من خلال زعانف التبريد، أما باقي الطاقة فتتحول إلى موجات كهرومغناطيسية تسمى عادة أشعة (X)، تمر هذه الموجات خلال فتحة الأنبوبة وتكون شعاع (X) المضيئ ذي الفائدة، بينما تمتص باقي الموجات المبعثرة بالقطبين السالب والموجب والغطاء الرصاصي الذي يحيط بالأنبوبة.



شكل (4.14) جهاز توليد أشعة (X)

وتتناسب شدة شعاع (X) مع كمية التيار المار في الملف الحراري الذي ينتج عنه زيادة في عدد الإلكترونات المتدفقة ومن ثم تركيز في أشعة (X). أما طول موجة الشعاع فيتناسب عكسياً مع الجهد المؤثر في القطبين.

ونظراً إلى أن الفراغ لا يعيق اختراق الأشعة فإن مقداراً أكبر منها يمر في المسبوك المعيب عند موقع العيب إذا ما عرض لها، ويتبع ذلك أن جزء الشاشة (أو اللوح) المقابل للعيب يتعرض أكثر من باقي الشاشة ويعطي صورة مختلفة.

وبما أن المسبوكات نادراً ما تكون منتظمة السماكة أو المقطع فإنه يلجأ إلى زيادة الجهد لمنع تعرض القطاعات الرقيقة وقلة تعرض القطاعات السميكة (القدرة على الاختراق تتناسب مع قصر الموجة ومع زيادة الجهد).

وعندما لا تتوفر ماكينة ذات جهد مرتفع فإن القطاعات الرقيقة تغطي بطبقة معينة من الرصاص لتخفيف الأشعة النافذة ولتعطي تعرضاً منتظماً.

ويتراوح جهد ماكينة أشعة (X) المستعملة في فحص مسبوكات الألمنيوم والماغنيزيوم من (3000-150000) فولت. ويتوقف ذلك على مقياس المسبوكات، فتستعمل في فحص مسبوكات الفولاذ التي تكون سماكتها حتى (50) مم ماكنات ذات جهد يتراوح بين (60000) إلى (250000) فولت. أما السماكات التي تصل إلى (125) مم فتحتاج إلى ماكنات ذات جهد يبلغ حتى (1.000.000) فولت. كما أن السماكات التي تصل إلى (200) مم فتحتاج إلى جهد نحو (2.000.000) فولت. هذا وتستعمل حالياً ماكنات بجهود تتراوح من (10-20) مليون فولت.

أشعة جاما (γ):

تنتج أشعة (γ) عن تحليل الراديوم، ويعادل طول موجاتها طول موجات أشعة (X) الناتجة عن جهد قدره (1.5) مليون فولت، ونلقى صعوبة قليلة باستخدام أشعة (γ) نظراً لقدرة الأشعة العالية على الاختراق، وهذا ما يجعل للمقاطع الرقيقة والسميكة نفس التعرض، لذا نجد أن من السهولة التصوير بأشعة (γ) للمقاطع التي تتراوح من (25-100م).

8.14- الاختبارات بالأمواج فوق صوتية:

1.8.14- نشوء ومميزات الأمواج (الذبذبات) فوق صوتية:

أول مرة في العالم في عام (1927) استخدمت الأمواج فوق الصوتية للكشف عن العيوب الداخلية للمسبوكات، وقد جرت الرقابة على المواد في البداية بمساعدة الإشعاع المتواصل للأمواج فوق الصوتية، غير أن التطبيق العملي للرقابة بين أنه عند الإشعاع المتواصل لا يمكن اكتشاف عيوب داخلية صغيرة الأبعاد، وقد تطورت هذه الأجهزة وفي عام (1957) ظهرت أجهزة جديدة ذات إشعاع نبضي، وتمتاز الاختبارات بواسطة الأمواج فوق صوتية بما يلي:

- 1- الحساسية العالية للأمواج فوق صوتية تسمح بالكشف السريع عن العيوب وأبعادها ومكان وقوعها في المسبوكة.
- 2- قدرة كبيرة على نفاذ الأمواج فوق الصوتية في المعدن.
- 3- اقتصادية الرقابة بهذه الطريقة.

2.8.14- خواص التذبذبات فوق الصوتية وبنائها وتسجيلها:

يتجاوز تردد التذبذبات فوق الصوتية (عدد الذبذبات في الثانية) 20000 هرتز. ولا تستطيع أذن الإنسان الإحساس بها، وهي تنتشر في المواد المتجانسة حسب خطوط مستقيمة نسبياً وتنعكس عند حدود الفصل بين مادتين مختلفتين، أو عند مصادفة بنى غير متجانسة في المادة.

يجرى بث الأمواج فوق الصوتية وتسجيلها بأجهزة تحويل كهربائية صوتية، وتشكل أساس هذه الأجهزة مادة سيراميكية ذات طابع خاص، تتمتع بظاهرة الضغط (الإجهاد) التي تلخص في أن الصفيحة المصنوعة من تيتانات الباريوم أو من زركونات وتيتانات الرصاص تبدأ بالاهتزاز الميكانيكي تحت تأثير الجهد الكهربائي المتناوب الموصول بها، وتثبت حزمة من الذبذبات بشكل عمودي على سطح

الصفیحة، ومن جهة أخرى تحت تأثير التشوهات الميكانيكية تنشأ على السطوح المتقابلة للصفیحة الكهربائية الإجهادية شحنات كهربائية، هي عبارة عن تيار كهربائي متناوب ينتقل إلى أجهزة التسجيل الموافقة، وعلى هذا المنوال، فإن الصفیحة الكهربائية الإجهادية تحول الطاقة الكهربائية إلى ميكانيكية (التذبذبات فوق الصوتية) وبالعكس، وتتوغل هذه التذبذبات إلى داخل القطعة المراد فحصها بشرط أن يزال الهواء من بين سطحي التماس لجهاز البث والقطعة، ولهذا الغرض يتأمن التماس الصوتي بين جهاز البث والقطعة المراد فحصها، وذلك عن طريق تغطية سطح القطعة بطبقة من الزيت المعدني أو شحم السوليدول أو الغليسرين الصناعي أو الماء وغير ذلك.

3.8.14- الفحص بالصدى النبضي وبطريقة الظل:

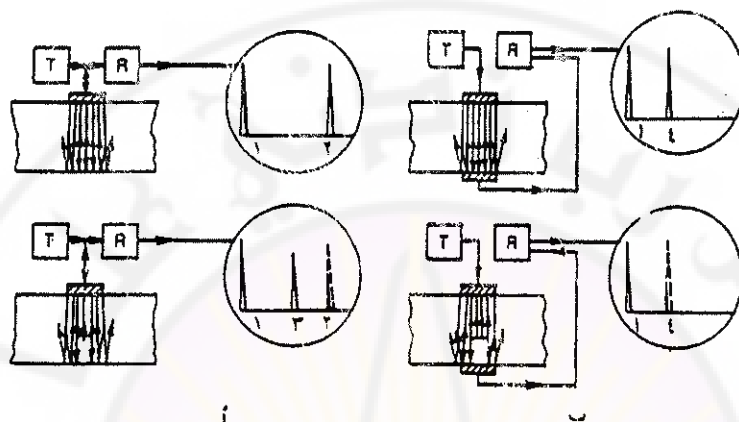
لفحص المسبوكات بالتذبذبات فوق الصوتية تستخدم بشكل رئيسي طريقة الصدى النبضي، ونادراً ما تستخدم طريقة الظل وغيرها.

عند الرقابة بالصدى النبضي يتحدد العيب في القطعة بموجب الشعاع المنعكس عن العيب، الذي يتم تمييزه على شاشة الجهاز الكاشف عن العيوب، وعند الرقابة بطريقة الظل يعتبر نقصان سعة الإشارة فوق الصوتية، دليلاً على العيب.

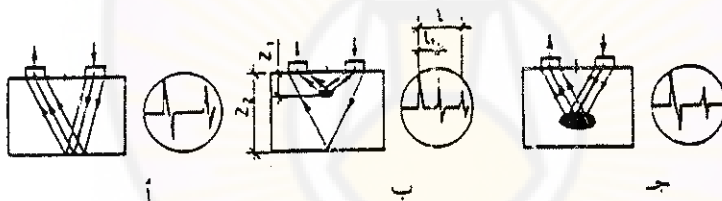
وتتخصص طريقة الفحص بالصدى النبضي في تعريض القطعة إلى نبضات فوق صوتية قصيرة (1) من جهاز البث (1')، وتسجيل إشارات الصدى (2)، المنعكسة عن العيب والمواجهة إلى الجهاز المستقبل (R)، ويعتبر دليل وجود العيب ظهور النبضة (3) على الشاشة (شكل 5.14، أ).

وعند طريقة الظل يكون دليل وجود العيب هو نقصان سعة الإشارة 4 المارة من جهاز البث إلى المستقبل، وتسمح هذه الطريقة باستخدام البث المتواصل وليس البث النبضي.

ويبين الشكل (6.14) مخططات النبضات على الأنبوب المهبطي، وتبدو على شاشة الأنبوب الإلكتروني المهبطي من اليسار إشارة السبر (النبضة عند مخرج جهاز البث)، ومن اليمين وإلى طرف المسح تبدو النبضة المنعكسة عن الجدار المقابل للقطعة (شكل 6.14 ، أ).



شكل (5.14) مخططات الرقابة النبضية (أ) وبطريقة الظل (ب).



شكل رقم (6.14) مخططات النبضات في الأنبوب الإلكتروني المهبطي

أ- نبضة سابرة وقعرية. ب- نبضة سابرة ومنعكسة عن العيب، وقعرية. ج- نبضة سابرة ومنعكسة عن العيب.

وفي حال وجود عيب في القطعة، فإن إشارة الصدى المنعكسة عنه تقع في المجال الكائن بين الإشارة السابرة والإشارة المنعكسة، وعندئذ يكون وضع إشارة الصدى على الشاشة موافقاً لعمق موقع العيب في القطعة وذلك بموجب النسبة $l_1/l = Z_1/Z_2$ (شكل رقم 6.14 ، ب).

ومع ازدياد أبعاد العيب تنمو إشارة الصدى المنعكسة عنه، وتتناقص سعة الإشارة المنعكسة عن الجدار المقابل، ويمكن أن تختفي تماماً إذا كان للعيب مساحة عاكسة كبيرة (شكل 6.14، ج).

وبالإضافة إلى الأنبوب الإلكتروني المهيطي فإن أجهزة الكشف الحديثة تزود بتجهيزات تنبيه آلي عن العيب بمؤشر ضوئي أو صوتي، كما ظهرت مؤخراً أجهزة كشف ذات تجهيزات لطبع الأرقام.

وتستخدم طريقة الفحص بالصدى النبضي للمنتجات أكثر من طريقة الظل، لأنها تنفذ من جانب واحد للقطعة المراد فحصها.

الفصل الخامس عشر

إنتاج حديد الزهر

- 1- المواد الأولية لاستخلاص حديد الزهر بالأفران العالية.
- 2- تحضير وتركيز الخام.
- 3- الوقود.
- 4- الفرن العالي وتركيبه.
- 5- عملية الاستخلاص بالفرن العالي.
- 6- نواتج الفرن العالي.



إنتاج حديد الزهر

المعادن الحديدية هي سبائك من الحديد مع الكربون وعناصر أخرى منها السليكون والمنغنيز والفوسفور والكبريت وغيرها، وتنقسم سبائك الحديد والكربون حسب نسبة الكربون فيها، إلى فولاذ وزهر، فالسبائك التي تحتوي على كربون بنسبة لا تزيد عن 2% تعد فولاداً، أما التي تحتوي على كربون بنسبة أكثر من ذلك فتعتبر من الحديد الزهر، وفي الواقع، فإن نسبة الكربون في أنواع الفولاذ التي تنتج عملياً يندر أن تتجاوز 1.4% وكذلك فنسبة الكربون في أنواع الزهر المصهور عملياً تتراوح بين 2.5-4.5% ويستخلص حديد الزهر في الأفران العالية (ويسمى عند صبه منها بتماسيح الحديد)، أما الصلب فيحصل عليه بالتحويل من الزهر.

والجزء الأكبر من الزهر المستخلص في الأفران العالية يستعمل لإنتاج الصلب، كما أن جزءاً من هذا الزهر يستعمل لإنتاج مسبوكات الزهر.

1.15- المواد الأولية لاستخلاص حديد الزهر بالأفران العالية:

هذه المواد هي خام الحديد والوقود والفلكس.

خامات الحديد:

هي خامات طبيعية تحتوي على مختلف أنواع أكاسيد الحديد، وهذه المواد تتكون عادة من السليكا (SiO_2) والألومينا (Al_2O_3) وأكسيد الكالسيوم (CaO) وأكسيد المغنيزيوم (MgO).

وتتحدد صلاحية خام الحديد للاستخلاص بنسبة الحديد فيه وبتركيب الشوائب بوجود عناصر ضارة مختلطة بها ومن هذه العناصر: الكبريت والفوسفور والزرنيخ وغيرها.

ومن خامات الحديد الصناعية:

— خام الحديد المغناطيسي: ويحتوي على الحديد في شكل اكسيد الحديد المغناطيسي (Fe_3O_4) ونسبة الحديد في هذا الخام تتراوح عادة بين 45-70%. والخام ذو خواص مغناطيسية، شديد الكثافة، أسود اللون، ويوجد هذا الخام في أماكن عديدة من العالم.

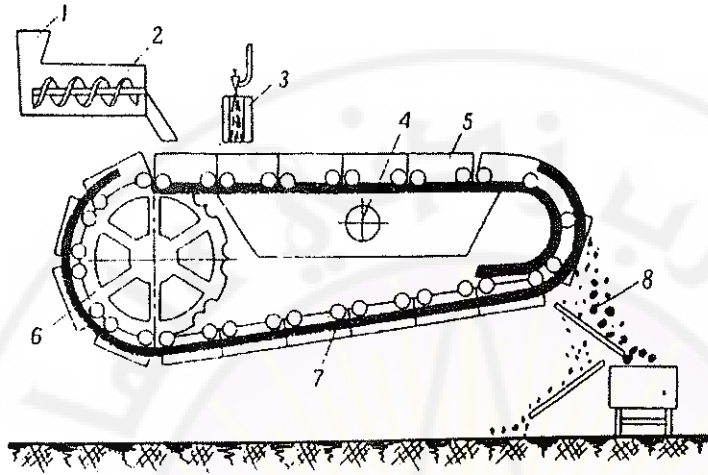
— خام الهيماتيت الأحمر: وهو عبارة عن اكسيد الحديد غير المائي (Fe_2O_3)، وتتراوح نسبة الحديد في هذا الخام من 50-60% ولونه أحمر داكن، واختزاله أسهل بكثير من خام الحديد المغناطيسي.

— خام الليمونيت (الهيماتيت البني): وهو عبارة عن أكسيد الحديد المائي ($2Fe_2O_3 \cdot 3H_2O$). ونسبة الحديد فيه من 20-60% ولونه بني ذو صبغات مختلفة، وهو سهل الاختزال مما يجعل استخلاص الحديد الزهر اقتصادياً حتى من الأنواع غير الغنية منه.

— خام كربونات الحديد (السبار): وهو عبارة عن كربونات الحديد (Fe_2CO_3) وتتراوح نسبة الحديد فيه عملياً من 30-42% ولونه رمادي مصفر، وخام السبار سهل الاختزال.

2.15- تحضير وتركيز الخام:

من عمليات تحضير الخام وتركيزه التكسير والفرز والتحميص والغسل والتركيز الكهرومغناطيسي والتليد، ويتوقف سير عملية الاستخلاص في الفرن العالي واستهلاك الوقود وجودة الزهر المستخلص على حسن تحضير الخام. ويتم التكسير في كسارات مخروطية أو وجهية، ويفرز الخام المكسر على هزازات، أو في غرابيل خاصة تفصل الأحجار الكبيرة عن الصغيرة، وهذه الأخيرة فيما بعد يجري تليدها، أي تجميعها وتسويتها إلى أحجار كبيرة.



شكل رقم (1.15) رسم تخطيطي لتركيب ماكينة تليبيد الخام

1- صندوق، 2- الخلاط، 3- مشعل، 4- غرفة التخلخل، 5- عربة، 6- ترس محرك، 7- قضيب، 8- غربال هزاز.

وتفرز الأحجار الكبيرة، حجم 30-100 مم الناتجة إلى درجات وترسل للصهر، ولجعل الخام مسامياً وسهل الاختزال وخالياً من الشوائب الضارة يجري تحميصه في أفران خاصة لتحميص الخام، ويغسل الخام بالماء إذا كان يحتوي على نسبة كبيرة من الطين والرمل والطفل.. إلخ، فعند الغسل يحمل تيار قوي من الماء هذه المادة الشائبة بعيدة عن الخام، ويركز الخام إذا كانت له خواص مغناطيسية في مجاهر خاصة تقوم فيها مغناطيسات كهربائية بالتقاط أجزاء الخام وتلقى المادة غير المغناطيسية بعيداً. أما الأحجار الصغيرة وغبار الخام والغبار المتطاير الراجع من قمة الفرن العالي فتأبى للحصول على أحجار كبيرة، وماكينة تليبيد الخام (شكل 1.15) عبارة عن جنزير حامل يتكون من عربات صغيرة تتحرك في دورة مغلقة، وتحمل على القضبان الموجودة على

هذه العربات طبقة يصل سمكها إلى (250) مم من خليط مبلل من الخام والوقود المفتت، ويشعل الوقود بواسطة مشعل، ويُمنَحَب تيار من الهواء من إلى أسفل، وتتولد عند اشتعال الوقود درجة حرارة (1200-1300)°م، يتم معها تسوية أجزاء الخام الصغيرة إلى أجزاء كبيرة مسامية تصلح للصهر في الأفران العالية.

وقد بدء في الوقت الحاضر في تلييد خليط من الخام والوقود والفلكس (الأساسي) للحصول على مركب مختلط بالفلكس، وترفع هذه الطريقة كثيراً من إنتاجية الأفران العالية وتقلل استهلاك الوقود عند صهر حديد الزهر.

3.15- الوقود:

الوقود هو مادة عضوية تتكون من جزء قابل للاشتعال وجزء غير قابل للاشتعال (عاطل)، والأجزاء القابلة للاستعمال هي الكربون والهيدروجين، أما الأجزاء العاطلة فهي الرطوبة والرمال والكبريت، والكبريت وإن كانت تتولد عند اشتعاله حرارة، إلا أنه يعتبر مادة غير مرغوب فيها لأنه يسيء إلى خواص المعدن عند اختلاطه به، ويجب على وقود الأفران العالية أن يكون ذا حجم محدد، ومتانة كافية، ومقاومة جيدة للانسحاق، كما يجب ألا يتشقق عند درجات الحرارة العالية وأن يحتوي على أقل كمية من الشوائب الضارة التي يمكن أن تختلط بالمعدن، وأن تتكون عند احتراقه أقل كمية من الرماد، وأن يكون ذا قدرة كبيرة على توليد الحرارة وثمنه رخيص. ويستعمل أساساً في الأفران العالية كوقود: فحم الكوك ونادراً الفحم الخشبي.

1.3.15- الكوك:

هو أهم أنواع الوقود المستعملة للصهر بالأفران العالية، ويحصل على الكوك بالتقطير الإتلافي للفحم الحجري، ويجرى إنتاج الكوك في أفران خاصة عند درجة حرارة (1000-1100)°م. والكوك الجيد لونه رمادي فضي فاتح، لا يلوث الأيدي، مسامي بشكل واضح وعلى سطحه شقوق. وكوك دونيتسك (إحدى المصانع في روسيا) يحتوي على 85-87% كربونا و 1.5-2.0% كبريتاً، و 5-9% ماء، و 10-13% رماداً، والقيمة الحرارية للكوك 7000-8000 كيلوكالوري/كج، وتبلغ مقاومته

للانسحاق 140 كج/سم². تتميز أنواع الكوك الجيدة بنسبة ضئيلة من الرماد والرطوبة وبنسبة نوعية صغيرة من الكبريت في تركيبها، ومن مزاياها ارتفاع قيمته الحرارية ومساميته ومقاومته العالية للانسحاق والتشقق ورخص ثمنه، ويستعمل الكوك في الأفران العالية على شكل قطع يبلغ حجمها من 30-80 مم.

2.3.15- الفحم الخشبي:

ويحصل عليه بتقطير الخشب في أفران خاصة، والفحم الخشبي الجيد لونه أسود لامع، وتركيبه 80-90 % C، 10-12 % (H+O+N) ورماد من (0.6) إلى (1%)، وقيمته الحرارية (6500-8000) كيلوكالوري / كيلوجرام.

ومن المزايا الأساسية للفحم الخشبي هي عدم وجود الكبريت وانخفاض نسبة الرماد، أما عيوبه فهي انخفاض متانته (نحو 20 كج/سم²) وارتفاع ثمنه ويستعمل الفحم الخشبي عند صهر الأنواع الجيدة من حديد الزهر فقط.

3.3.15- الفالكس: (مساعداً الصهر):

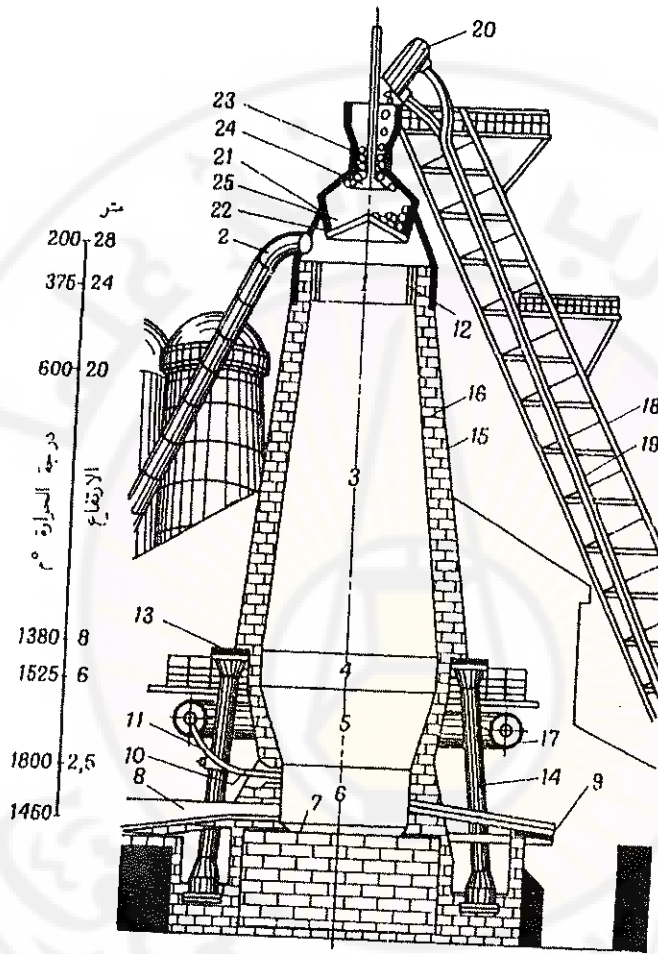
هو مواد معدنية توضع في الفرن العالي فتتحد مع الشوائب للخام ورماد/الوقود مكونة خبثاً سهل الانصهار، وعند وجود شوائب رملية طينية في الخام يستعمل الحجر الجيري كمساعد للصهر، أما إذا كانت الشوائب جيرية التكوين فتستعمل مساعداً صهر من مواد تحتوي على السليكا والكوارتز والحجر الرملي والكوارتزيت، ويكسر الفالكس قبل الصهر إلى قطع حجمها من (30-80) مم.

4.15- الفرن العالي وتركيبه:

الفرن العالي جهاز مركب ضخيم، متواصل العمل، تصل إنتاجيته إلى (2000) طن من حديد الزهر في اليوم (24 ساعة)، ويبين الشكل (2.15) مقطعاً للتركيب الداخلي لفرن عال حديث، والجزء العلوي (1) من الفرن يسمى بالقمة، وبالقمة جهاز ناثر لإنزال الشحنة ومواسير (2) لخروج الغازات تخرج منها غازات الفرن العالي، ويؤول هذا الجزء إلى جزء مخروطي (3) يسمى بالقصبة، أما أكثر أجزاء الفرن

اتساعاً (4) فيسمى بمنطقة الانصهار وتقع تحته الأكتاف (5)، ويليهما الكور (6) وهو ذو شكل أسطواني، ويسمى قاع الكور (7خ) بالقعر، وعلى مستوى القعر توجد قناة صب الزهر (8) تستخدم لخروج الحديد المنصهر وأعلى منها بقليل قناة (9) لخروج الخبث المنصهر، وفي الجزء العلوي من الكور توجد على محيطه من (12) إلى (18) فتحة مركبة بها أجهزة (10) لنفخ الهواء (تويير)، وبطانة الفرن (16) مصنوعة من الطوب الحراري الشاموت، وتركيبه بالتقريب $50-65\% \text{SiO}_2$ ، $35-42\%$ ، $1.5-3\% \text{Fe}_2\text{O}_3$ ، Al_2O_3 ، وتتراوح مقاومته للحرارة بين $1580-1730^\circ\text{C}$ والفرن مغطى بغلاف 15 ملمحوم أو مبرشم من ألواح الفولاذ (الصاج)، وتوضع في بطانة الكور القرميدي والأكتاف مواسير (مبردات) يجرى فيها الماء باستمرار، ويرسل تيار من الهواء الساخن في أنبوبة الهواء 17 فيسير في الأكواع المثنية 11 حتى يصل إلى فتحات دخول الهواء (التويير).

ويصل الارتفاع النافع للفرن العالي الذي يعمل بالكوك إلى 35 متراً والذي يعمل بالفحم الخشبي إلى 30 متراً، والارتفاع النافع للفرن هو المسافة من قعر الفرن حتى مستوى إنزال الشحنة، ويسخن الهواء الذي يدخل إلى الفرن العالي خلال فتحات الهواء (التويير) في مسخنات للهواء عبارة عن أبراج (1) (شكل 3.15) مطبقة بالطوب الحراري ومغطاة من الخارج بغلاف (2) من الصلب وتوجد داخل البرج غرفة الاحتراق (3) وقلب من الطوب (4) به عدد من القنوات، ويمر خليط من غاز الفرن العالي والهواء إلى المسخن خلال الماسورة (5)، ويشتمل هذا الخليط في غرفة الاحتراق وتخرج منها نواتج الاحتراق إلى القبة (6) ومنها تسير خلال قنوات القلب وتخرج من المدخنة إلى الجو، وبعد تسخين القلب (2-3 ساعات) توقف تغذية الخليط وتقل المدخنة، ويدفع في البرج خلال ماسورة (8) هواء بارد فيسخن عند مروره في القلب إلى درجة (800°C) ويسير في الأنبوبة (9) إلى مواسير الهواء الساخن المتصلة بالماسورة الحلقية للفرن العالي، وتستمر التغذية بالهواء الساخن لمدة ساعة تقريباً، وتقوم بتغذية الفرن من (3-5) مسخنات للهواء، تعمل على التوالي فيما بينها، أحدهما "يغذى" الفرن بالهواء الساخن والاثنان الباقيات في فترة "التسخين بالغاز".



شكل رقم (2.15) مقطع بالفرن العالي

- 1- قمة الفرن، 2- ماسورة خروج الغاز، 3- القصبة، 4- منطقة الصهر، 5- الأكتاف، 6- الكور،
- 7- القعر، 8- قناة صب الزهر، 9- قناة الخبث، 10- التويسر (فتحات الهواء)، 11- كوع الهواء،
- 12- حلقات، 13- حلقة السلد، 14- مسلد، 15- الغلاف الخارجي، 16- البطانة، 17- أبواب
- الهواء، 18- رافعة عربات الشحن، 19- قضيب، 20- عربة شحن، 21- القمع الكبير، 22-
- المخروط الكبير، 23- القمع الصغير، 24- المخروط الصغير، 25- مواد الشحنة.

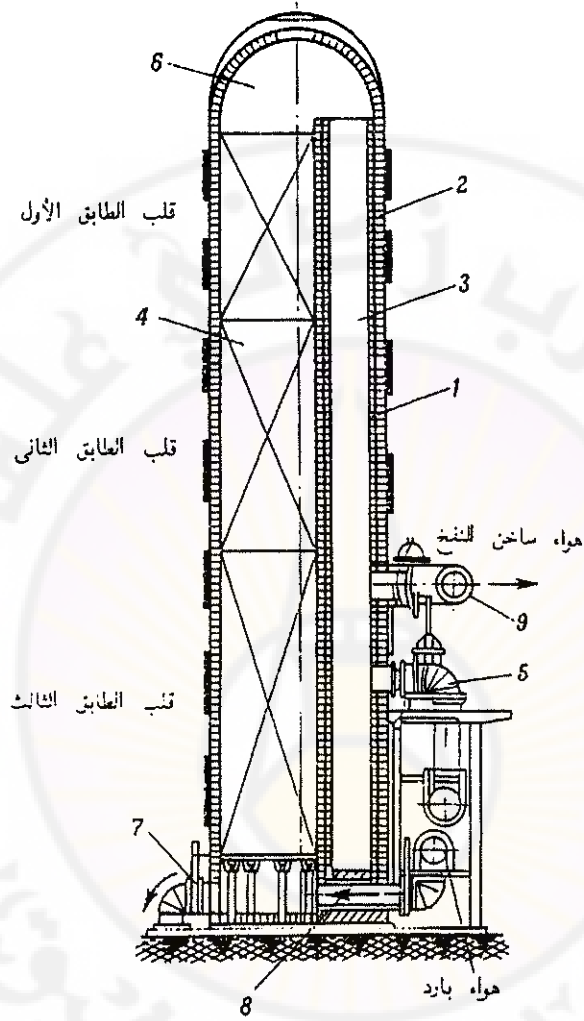
ويشغل في الفرن العالي الحديث في فترة 24 ساعة كمية ضخمة من المواد الخام ولهذا فجميع العمليات الخاصة بتجهيز الخامات وشحنها تتم ميكانيكياً كما أنها مزودة إلى حد كبير بوسائل الإدارة الأوتوماتيكية، ولكي يسير العمل في الفرن سيراً طبيعياً يجب أن تحسب مقدماً نسب الخام والوقود والفلكس المجهزة، ويسمى خليط الخام والوقود والفلكس بالنسبة المحسوبة مقدماً "بالشحنة" وتنزل الشحنة في صناديق للاستقبال توجد بجانب، ومنها تنزل إلى عربات ميزان تحملها بعد الوزن على عربات صغيرة خاصة (اسكيب) ترفع مع ما تحملها من الخام إلى أعلى الفرن برافعة مائلة (شكل 2.15).

ويتكون جهاز النثر (2.15) المركب بأعلى الفرن العالي من مخروط كبير 22 ومخروط صغير (24) وقمعين (21 و 23)، وتشحن مواد الشحنة من العربة (20)، في القمع الصغير (23) وعندما يكون المخروط الصغير (24) مغلقاً، وعند إنزال المخروط الصغير تنساب المواد إلى القمع الكبير (21)، وبعد امتلاء هذا الأخير ينزل مخروطه (22) فتتنزل الشحنة إلى الفرن، وفي هذا الوقت يكون المخروط الصغير مرفوعاً ومغلقاً، وبهذا يمنع خروج غازات الفرن إلى الجو، وبهذه الطريقة يضمن إحكام الفرن في أثناء عملية الشحن، ونظام الشحن كله في الأفران العالية الحديثة أوتوماتيكي تماماً.

5.15- عملية الاستخلاص بالفرن العالي:

يوجد في الفرن العالي عند عمله تياران متواصلان متضادان الاتجاه: فمن أعلى إلى أسفل ينزل الخام وفحم الكوك والفلكس الداخلة إلى الفرن، ومن أسفل إلى أعلى تصعد نواتج احتراق الكوك والهواء الساخن، ويسخن الكوك عند نزوله بواسطة الغازات الساخنة الصاعدة، وعند تلامسه بالهواء المدفوع في الجزء الأسفل من الفرن يحترق حسب التفاعل $C + O_2 = CO_2 + 97.65Kcal$.

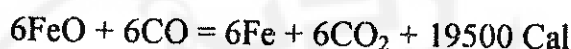
وعند احتراق الكوك ترتفع درجة الحرارة إلى 1600-1750°م، ويتفاعل ثاني أكسيد الكربون المتكون مع الطبقات الجديدة من الكوك المتوهج فيختزل إلى أول أكسيد الكربون حسب التفاعل: $CO_2 + C = 2CO - 37.71Kcal$.



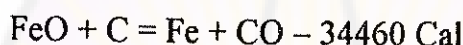
شكل رقم (3.15) مسخن الهواء

ويصعد الخليط الغازي المتوهج، الذي يتكون من أول أكسيد الكربون CO وحامض الكربونيك وأزوت الهواء، إلى أعلى فيلامس مواد الشحنة ويسخنها باستمرار مما يخلق في أجزاء الفرن المختلفة مناطق حرارية مختلفة، فعند القمة والجزء الأعلى

من القصبة يجف الخام النازل وتظهر به شقوق، وفي الجزء الأوسط من القصبة وما تحته عند درجة حرارة 400-900°م يتفاعل أول أكسيد الكربون مع الخام فيختزله تدريجياً حسب التفاعلات الآتية:



ومن العوامل المختزلة أيضاً لخام الحديد، الكربون الصلب الذي يتكون نتيجة انفكك CO حسب المعادلة $2\text{CO} = \text{C} + \text{CO}_2$ ويتم اختزال الخام بواسطة الكربون حسب التفاعل الآتي:



وتبدأ القطع الكبيرة من الحديد المختزل في الانصهار فتكون كتلا من الحديد المسامي، وفي منطقة الأكتاف عند درجة حرارة من 1100 إلى 1200°م تقريباً يختزل المنغنيز والسليكون والفسفور ثم تذوب هذه الشوائب في الحديد، ويتم تشبع الحديد بالكربون عند تكون كربيد الحديد حسب المعادلة:



ويذوب كربيد الحديد المتكون وكذلك الكربون الصلب في الحديد المسامي الذي يتحول نظراً لهذا التشبع إلى زهر، وتذوب في الحديد كذلك المركبات الكبريتية بالخام والكوك، ويسمى الحديد المذاب به كربون وسليكون ومنجنيز وفسفور وكبريت بالزهر، وتظهر في منطقة الأكتاف قطرات من الزهر المصهور تنساب تدريجياً إلى الكور، وكما بينا سابقاً فثمة مادة عاطلة بالخام، وهذه المادة العاطلة (الشوائب) صعبة الانصهار جداً، ولخفض درجة انصهارها يضاف إلى الشحنة الحجر الجيري، ويكون الحجر الجيري يتفاعله مع المادة العاطلة (أو بانصهاره معها) الخبث، ويذوب في الخبث جزء من المواد الضارة (الكبريتية والفسفورية) والرماد، ويسمى الخبث الذي

يحتوي على نسبة كبيرة من ثاني أكسيد السليكون SiO_2 حامضياً، أما عند ارتفاع نسبة أكسيد الكالسيوم CaO في الخبث فيسمى قاعدياً، وكلما كان الخبث أكثر قاعدية ساعد أكثر على تخليص الحديد الزهر من الكبريت، وينساب الخبث على شكل قطرات كالحديد إلى أسفل الفرن العالي، ولما كان الوزن النوعي للخبث أقل من الوزن النوعي للحديد الزهر، فإن الخبث المصهور يطفو فوق الحديد الزهر المصهور، ويخرج الحديد الزهر من الفرن العالي من القناة السفلى المسماة بقناة الحديد الزهو (8) (شكل 2.15) أما الخبث فيخرج خلال الفتحة العليا المسماة بقناة الخبث (9).

ويجمع الخبث مرة كل ساعة تقريباً، ويحمل الخبث المجموع في حاملات الخبث إلى مكان تحويله التالي، أما الحديد فيجرى استخراجه (6) مرات تقريباً كل (24) ساعة، ولاستخراج الحديد يوقف تيار الهواء وتتقب سدادة قناة حديد الزهر، فينساب الحديد الزهر المصهور في المزاريب إلى بواق كبيرة مبطنة (مأخذ المعدن)، تسمى كذلك بالخلاطات، ويحمل فيها إلى مكان استعماله، ويذهب جزء كبير من الحديد الزهر في حالته السائلة إلى ورشة صهر الفولاذ، أما الجزء الباقي فيسبك في ماكينات السبك للحصول على حديد التماسيح.

وأهم دليل فني اقتصادي على كفاءة عمل الفرن العالي هو معامل استغلال سعته النافعة K (المردود) وهو نسبة السعة النافعة للفرن (V) بالأمتار المكعبة إلى إنتاجيته في فترة (24) ساعة بالطن (T) والمعامل (K) يساوي: $K = \frac{V}{T} \text{ m}^3/\text{t}$.

فكلما كانت (K) أقل كلما زاد مقدار حديد الزهر المستخلص بكل متر مكعب من حجم الفرن، وبالتالي بنقصان (K) تزداد إنتاجية الفرن.

وباستعمال الطرق المتقدمة التي يطبقها خبراء الأفران العالية يمكن الوصول إلى قيمة متوسطة للمعامل (K) بنحو (0.65)، ويقوم الصناع المجددون في الإنتاج بتطبيق الإجراءات الآتية للحصول على أفضل استغلال للسعة النافعة للفرن:

(1) شحن الفرن بخام وكوكجهزة بالأحجام المناسبة.

(2) الاحتفاظ بدرجة حرارة عالية وثابتة بالأفران.

3) استخدام أجهزة المراقبة والقياس الأوتوماتيكية لتسجيل دلائل سير العمل في الفرن. كما يوجه المجددون عناية خاصة لمكنة العمليات التي تتطلب جهداً كبيراً وللأتمتة الكاملة للتحكم في الأفران العالية.

وقد بدء في السنوات الأخيرة في دفع هواء غنى بالأكسجين إلى الفرن وذلك مما يزيد من إنتاجية الأفران العالية، ولتزويد العمليات المتألورية بالكمية اللازمة من الأكسجين فقد عكف الخبراء في الوقت الحاضر على تجهيز تركيبات الأكسجين تنتج من 10000-20000 م³/ساعة.

6.15- نواتج الفرن العالي:

من نواتج الفرن العالي — الحديد الزهر والخبث وغاز الفرن العالي، ويعد حديد الزهر الناتج الأساسي لعملية الصهر في الفرن العالي، وينقسم الحديد الزهر للفرن العالي حسب تركيبه الكيميائي واستعماله إلى حديد زهر للسبائك وحديد زهر للتحويل، وحديد زهر خاص، كما ينقسم حسب نوع الوقود المستعمل إلى حديد زهر الكوك وحديد زهر الفحم الخشبي.

1- حديد زهر السبائك: يستعمل للحصول على مسبوكات زهر في ورش سباكة الزهر، ويتراوح تركيب زهر السبائك المنتج في الأفران العالية في الحدود الآتية: سليكون 1.25 - 4.25 %، منجنيز 0.5-1.3 %، فوسفور إلى 0.3 %، كبريت إلى 0.07 %، وترقم أنواع زهر السبائك وفق العيارات الدولية التي تحدد محتوى السليكون وغيره.

2- حديد زهر التحويل وهو الزهر الذي يحول إلى فولاذ ويسمى هذا الحديد الزهر الأبيض حسب طريقة التحويل إما بحديد زهر مارتن (م) أو حديد زهر بسمر (ب) أو حديد زهر توماس (ت). ويبين الجدول 1.15 التركيب التقريبي لأنواع حديد الزهر للتحويل، ومنه نرى أن بهذه الأنواع نسبة صغيرة من السليكون ونسبة كبيرة من المنجنيز، وعلى الأخص في حديد زهر مارتن، ويوجد

الكربون في هذه الأنواع في حالة متحدة مع الحديد ولهذا فهي ذات مكسر أبيض وكثيراً ما تسمى بالحديد الزهر الأبيض.

3- الحديد الزهر الذي يحتوي على نسبة كبيرة من السليكون أو المنجنيز يسمى بالسبائك الحديد، Ferroalloys، وتستعمل السبائك الحديدية كإضافات خاصة عند إنتاج الصلب وكذلك عند إنتاج المسبوكات من الزهر، وفي جدول 1.15 ترد تركيبات أنواع زهر التحويل وزهر السبائك والأنواع الخاصة من الزهر وكذلك سبائك الحديد المستخلصة في الأفران العالية.

جدول رقم (1.15) تركيب حديد زهر التحريل وسبائك الحديد المنتجة في الأفران العالية

أنواع حديد الزهر	السليكون	المنجنيز	الفوسفور	الكبريت
حديد تحويل (م) ...	0.3 - 0.5	1.5 - 3.5	حتى 0.3	حتى 0.07
حديد تحويل (ب) ...	0.9 - 2.0	0.6 - 1.5	حتى 0.07	حتى 0.06
حديد تحويل (ت) ...	0.2 - 0.9	0.8 - 1.3	1.6 - 2.0	حتى 0.08
سبائك حديد:				
حديد - سليكون (فروسليكون)	9 - 13	3	0.2	0.04
حديد - منجنيز (فرومنجنيز)	2	70 - 75	0.35 - 0.45	0.03

4- خبث الفرن العالي ويستعمل لإنتاج طوب الخبث وكتل الخبث والإسمنت الخبثي، كما يحصل من الخبث الحامضي على صوف الخبث الذي يستعمل كعازل حراري لرداءة توصيله للحرارة.

5- غاز الفرن العالي ويستعمل بعد تخليصه من الغبار كوقود لمسخنات الهواء والغلايات (المراجل) وغيرها من التركيبات الصناعية والنسب المتوسطة لمركباته هي: CO %27، CO_2 %12، H_2 %2، CH_4 %0.50.5، N_2 %58، وقيمته الحرارية نحو 1000 كالوري / m^3 ، وبعد هذا الغاز من الغازات الفقيرة في القيمة الحرارية.



الفصل السادس عشر إنتاج الصلب (الفولاذ)

- 1- طريقة بسمر.
- 2- طريقة مارتن.
- 3- الصهر الكهربائي.
- 4- صب الفولاذ.



إنتاج الصلب (الفولاذ)

المادة الخام الأساسية لإنتاج الفولاذ هي حديد الزهر التحويل وكذلك حديد الخردة، ويجب أن تكون نسبة الكربون والمواد المختلطة الأخرى في الصلب أقل بكثير منها في حديد الزهر، ويتوصل إلى ذلك بأكسدتها في عملية التحويل، ومن الطرق الحديثة لإنتاج الصلب:

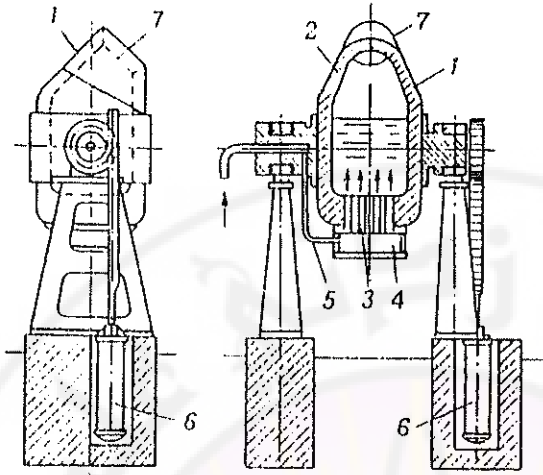
1-طريقة التحويل.

2-إنتاج الفولاذ في أفران مارتن.

3-إنتاج الفولاذ في الأفران الكهربائية.

1.16- طريقة التحويل (طريقة بسمر (Bessmer):

وقد اقترح هذه الطريقة المتألورجي الإنجليزي ه. بسمر في سنة 1855م، وهي مبنية على نفخ الهواء المضغوط خلال الحديد الزهر المصهور، المصبوب في وعاء خاص يعرف بالمحول Converter والمحول عبارة عن وعاء (1) كمثري الشكل (شكل 1.16) مبرشم من صفائح الصلب (الصاج) سمكها (15-30) مم، والتجويف الداخلي (2) للمحول مبطن بمادة مقاومة للحرارة (بطانة)، سمكها نحو (300) مم، والسعة المفيدة للمحول تصل إلى (30) طن، ويدخل الهواء خلال القاع القابل للتغيير (3) الذي له نحو (300) فتحة، وهذه الفتحات مغلقة من أسفل بواسطة الصندوق (4)، الذي يدخل فيه الهواء عن طريق المحور المجوف والكوع (5) وتقوم تركيبة (ميكانيزم) خاصة بإدارة المحول إلى الوضع الأفقي لشحنه بالمعدن المصهور أو لصب الفولاذ الجاهز خلال العنق (7). وعند صهر الفولاذ يدار المحول إلى الوضع الرأسي وفي هذا الوضع تكون تغذية الهواء على أقصاها (1.5-2.5) (بار) ض. ج. وتكون عملية التحويل حاضمية أو قاعدية حسب التركيب الكيميائي لحديد الزهر المحول.

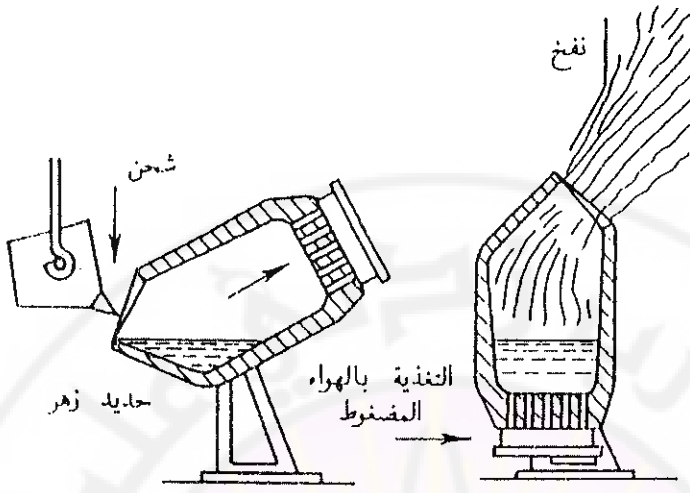


شكل رقم (1.16) رسم تخطيطي للمحول

ويجري التحويل الحامضي ويسمى بطريقة بسمر في محول ذي بطانة حامضية من الطوب الديناسي المجهز من مادة مقاومة للحرارة تحتوي من 90-97% سيليكيا (SiO_2).

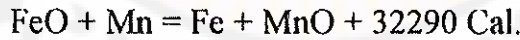
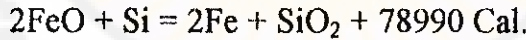
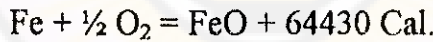
ولما كانت البطانة الحامضية تتآكل عند تعرضها للخبث القاعدي، فلا يمكن أن تحول بطريقة بسمر إلا أنواع الحديد الزهر السليكي التي تعطي خبثاً حامضياً، وبالإضافة إلى ذلك فإن الحديد الزهر المحول يجب أن يحتوي على أقل كمية ممكنة من الفوسفور والكبريت، لأنه لا يمكن تخلص الصلب من هذه المواد عند التحويل لعدم وجود خبث قاعدي.

وقبل أن يبدأ نفخ الهواء في المحول، يوضع في الوضع الأفقي (شكل 2.16) ويسخن، ثم يملأ بالحديد الزهر السائل إلى ($1/3$) ثلث حجمه تقريباً، وبعد ذلك يبدأ نفخ الهواء، ويدار المحول إلى الوضع الرأسي (العامل)، وتنقسم عملية التحويل إلى ثلاث مراحل متميزة.



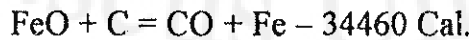
شكل رقم (2.16) المحول في وضع الصب ووضع النفخ

— المرحلة الأولى: وتتميز بظهور شرر كثير عند عنق المحول، ويفسر ظهور الشرر بالتأثير الميكانيكي لتيار الهواء على الحديد الزهر المصهور الذي تتطاير قطرات منه وتحترق في الهواء بشكل نجوم مضيئة، وفي هذه المرحلة تبدأ الأكسدة الشديدة للمواد المختلطة بالحديد الزهر المصبوب نتيجة لتفاعل أكسيد المتكون مع السليكون والمنجنيز المختلطين بالحديد، وتتم هذه العملية حسب التفاعلات الآتية:



ويصحب أكسدة السليكون تولد كمية كبيرة من الحرارة وارتفاع حاد لدرجة حرارة المعدن.

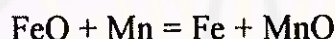
— المرحلة الثانية: وتبدأ عند ارتفاع درجة الحرارة إلى 1500 م، مما يخلق الظروف الملائمة للاحتراق الشديد للكربون:



ويسبب تكون أول أكسيد الكربون (CO) غلياناً شديداً للمعدن ويظهر عند عنق المحول لهب أبيض خاطف نتيجة لإتمام احتراق أول أكسيد الكربون في الهواء إلى ثاني أكسيد الكربون:

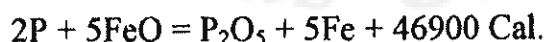


— المرحلة الثالثة: وتتميز بظهور دخان بني داكن وهو الدليل على تأكسد شديد للحديد، وعندئذ توقف العملية ويدار المحول إلى الوضع الأفقي مع إيقاف تيار الهواء تدريجياً، ويحتوي المعدن بعد نفخ الهواء خلاله على كمية كبيرة من أكاسيد الحديد الذائبة التي تقل كثيراً من جودته، ولاختزال الفولاذ تضاف سبائك الحديد كالحديد المنغنيزي مثلاً، ويتم الاختزال حسب التفاعل:

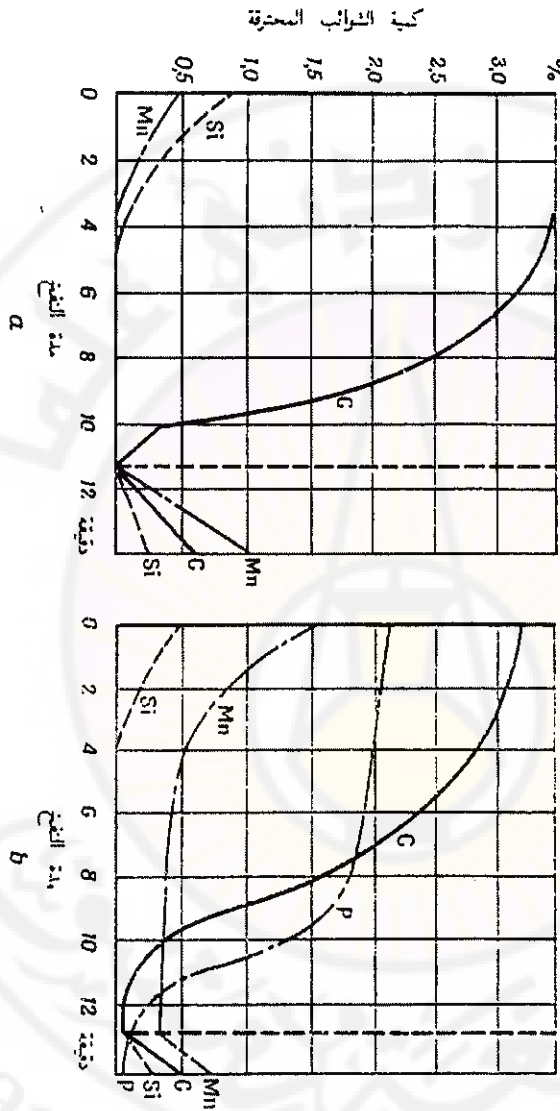
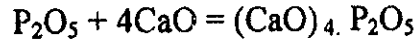


ويمكن الحصول على فولاذ يحتوي على النسبة المطلوبة من الكربون حسب كمية سبائك الحديد الزهر الخاص المضافة. وتستمر عملية نفخ الهواء في المعدن 10-15 دقيقة، وبعد ذلك تؤخذ عينة للتحليل، ثم يصب الفولاذ الجاهز في بوتقة، وفي شكل 3.16 a منحنيات احتراق المواد المختلطة بالحديد في عملية بسمر.

طريقة توماس: وقد اقترحها في سنة 1878م الإنجليزي توماس، وتستعمل لتحويل حديد الزهر المحتوي على نسبة كبيرة من الفوسفور، وتصنع بطانة محول توماس من الدولوميت وهو مادة مقاومة للصهر تركيبها CaCO_3 ، MgCO_3 وسعة محول توماس أكبر بقليل من سعة محول بسمر والسبب في ذلك هو ضرورة شحن المحول بالجير، ويشحن الجير قبل بدء العملية في المحول المسخن بكمية تقرب من 10-15% من وزن المعدن، ثم يصب حديد الزهر ويرسل تيار الهواء خلاله، وفي شكل (3.16 - b) رسم بياني لاحتراق المواد المختلطة بالحديد الزهر في عملية توماس، وفي عملية التحويل القاعدي تتولد الحرارة اللازمة لتأكسد السليكون كما يحدث في العملية الحامضية ولكن نتيجة لاحتراق الفوسفور في المقام الأول، ويصحب تأكسد الفوسفور تولد كمية كبيرة من الحرارة وارتفاع كبيرة لدرجة الحرارة:



ويُتحد خامس أكسيد الفوسفور المتكون مع الجير:



شكل رقم (3.16) رسم بياني لاحتراق الشوائب عند تحويل الفولاذ.

a - في محول بسمر ذي بطانة حامضية،
b - في محول بسمر ذي بطانة قاعدية.

وبعد نفخ تيار الهواء يفسط الخبث وتضاف المواد المختزلة، وتستمر العملية نحو (20) دقيقة، والخبث القاعدي يحتوي على (25%) تقريباً من خامس أكسيد الفوسفور ويستعمل كسماد زراعي.

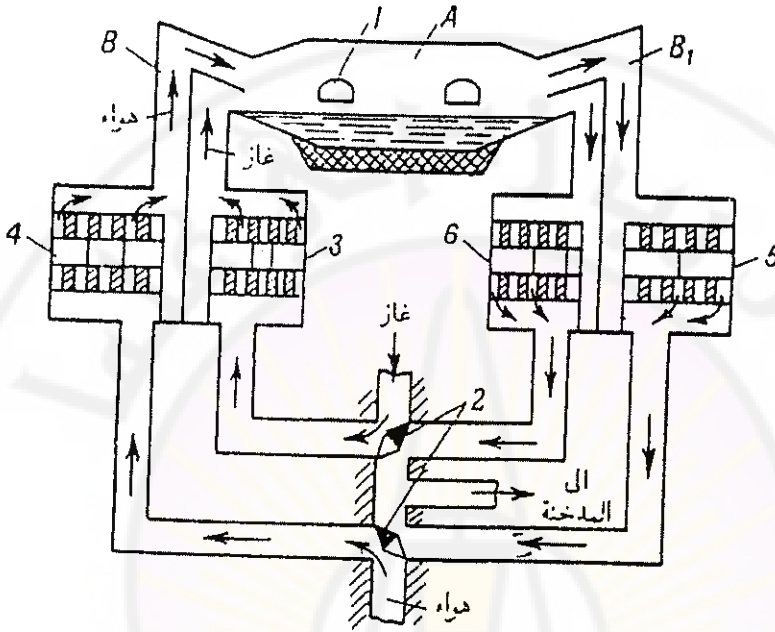
ويجب أن تحتوي في أنواع الزهر الفرن العالي المستعملة للتحويل القاعدي على نسبة صغيرة من السليكون (أنظر الجدول (1.15) حديد الزهر (ت)، لأن السليكون يتأكسد عند الصهر إلى SiO_2 ويكون الخبث حامضياً بسبب تآكل البطانة القاعدية للمحول.

وتمتاز طريقة التحويل بارتفاع إنتاجية المحول وصغر حجمه وببساطتها وعدم الحاجة إلى وقود إذ إن الوصول إلى درجة حرارة عالية يكون على حساب كمية الحرارة المتولدة في عملية تأكسد العناصر، وهذا كله يجعل تكاليف الفولاذ الناتج زهيدة، والعيوب الجوهرية لهذه الطريقة هي: استحالة تحويل كمية كبيرة من حديد الخردة وتحويل أنواع الزهر ذات التركيب المحدد والتأكسد الكبير للمعدن (5-10%) وصعوبة تنظيم العملية ووجود نسبة كبيرة من أكسيد الحديد والأكسجين في الفولاذ مما يخفض من جودته.

ويعتبر فولاذ المحولات من أنواع الفولاذ ذات الجودة العادية، ويستعمل لإنتاج صفائح الصلب والمواسير الملحومة والكمرات ذات المقاطع المختلفة والأسلاك وغيرها من المنتجات التي تتطلب لإنتاجها كمية كبيرة من المواد الرخيصة. وقد أدخل في السنوات الأخيرة في عملية التحويل نفخ تيار من الأكسجين بدلاً من الهواء مما يزيد من سرعة العملية ويرفع إنتاجيتها، والفولاذ المحول الناتج عن استعمال تيار من الأكسجين، يقارب في جودته فولاذ طريقة مارتن. أن الاستخدام الواسع للأجهزة والعدادات الأوتوماتيكية التي تراقب وتنظم عمليات الصهر في المحولات يحسن نوعية الفولاذ كثيراً ويجعل هذه الطريقة في صهر الفولاذ أكثر تطوراً.

2.16- طريقة مارتن لإنتاج الفولاذ S. Martin:

تتميز طريقة مارتن لإنتاج الفولاذ عن طريقة التحويل (بسر) بكونها لا تسمح بتحويل الحديد الزهر (السائل أو حديد التماسيح) فحسب، بل ويمكن بواسطتها كذلك إعادة صهر أجزاء الماكينات التي أصبحت غير صالحة للعمل والمتراكمة في المصانع وكل الأنواع الممكنة من خرده المعادن الحديدية، ويصهر نحو (85%) من الفولاذ بطريقة مارتن، ويصل طول الأفران المارتينية الكبيرة إلى (25) متراً وعرضها إلى (7) أمتار، وتتراوح سعة الأفران من (20) إلى (500) طن، وموضح الشكل (4.16) تركيب فرن مارتن، ويتكون الفرن من حيز التشغيل (A) حيث تصهر الشحنة، وشبابيك الشحن (1) لإدخال المواد، والرأسين (B) و (B1) التي تتجه منها قنوات إلى المبادلات الحرارية (3، 4، 5، 6) وهذه الأخيرة عبارة عن غرف ذات قلب من الطوب الحراري المصنوف على شكل يشبه القفص، والهدف منها استعمال الحرارة الزائدة في عمليات الصهر، وفي الوضع المبين بشكل (4.16) للصمامين (2) يسير الهاء والغاز في قنوات منفصلة إلى الرأس (B) ويمر الغاز بالمبدل الحراري (3) بينما يمر الهواء بالمبادل الحراري (4)، وعند خروج الخليط الساخن من الرأسين يشتعل معطياً لهباً طويلاً زاحفاً يسخن حيز التشغيل بالفرن حتى (1200°م)، وتخرج النواتج المتوهجة للاحتراق خلال الرأس (B1) إلى المبادلات الحرارية (5 و 6) حيث تترك كمية من الحرارة للقلب ثم تتجه إلى القناة المؤدية إلى المدخنة، وبعد تسخين المبادلات الحرارية يدار الصمامان (2) بزاوية (90°)، فيغير الهواء والغاز اتجاههما ويمران بالقلب الحار للمبادلات الحرارية (5 و 6) حيث يسخنان حتى (1100-1200°م) ويدخلان بهذه الدرجة إلى مكان تشغيل الفرن حيث يختلطان ويشتعلان فيرفعان درجة حرارة الفرن إلى (1800°م)، وتخرج نواتج الاحتراق من الفرن خلال الرأس (B) إلى المبادلات الحرارية (3، 4) حيث تسخن قلبيهما ثم تذهب إلى القناة المؤدية إلى المدخنة، وبعد (20-30) دقيقة يعاد الصمامان إلى الوضع السابق وتكرر الدورة، وقد اتسع في الوقت الحاضر استخدام التحكم الأوتوماتيكي في النظام الحراري بالفرن، وتوضع لهذا الغرض في الأماكن الملائمة أجهزة تقوم بتسجيل درجة الحرارة، وتتصل تركيبة تشغيل صمامي تغذية الهواء والغاز أوتوماتيكياً بأجهزة تسجيل الحرارة مما يضمن تحقيق الظروف الحرارية المطلوبة.



شكل رقم (4.16) رسم تخطيطي لتركيب فرن مارتن

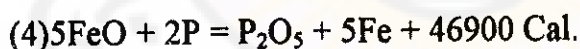
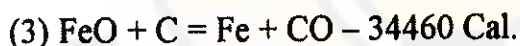
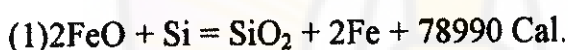
ويجري إخراج الفولاذ الجاهز خلال فتحات الخروج بل الحائط الخلفي للفرن (لا ترى بالرسم) وعند عمل الفرن بالوقود السائل يكون به مبادلان حراريان فقط لتسخين الهواء، وأفران مارتن يمكن أن تكون حامضية أو قاعدية، حسب نوع الطوب الحراري المستعمل للتبطين وتصنع قبة وردوس الأفران الحامضية والقاعدية من الطوب الكرومي المنجيزي، الذي يتحمل جيداً التقلبات الحادة لدرجة الحرارة.

وهناك عدة أنواع من عمليات الصهر بطريقة مارتن حسب طبيعة المواد الأولية للعملية، وأهم هذه الأنواع هي عملية الخام وعملية الخرقة، وتستهلك عملية الخام في ورش أفران مارتن بالمصانع المتالورجية، وفي هذه العملية يحول الحديد الزهر المنصهر مع إضافات من خام الحديد وبقايا الإنتاج المتالورجي، أما عملية

الخردة فتستعمل في ورش أفران مارتن بمصانع بناء الماكينات التي تملك كمية كبيرة من نفايات الإنتاج، ويكون تركيب الشحنة المحمولة في هذه الحالة من 60-80% خردة (نفايات الإنتاج، خردة المعادن الحديدية) و 40-20% من حديد التماسيح.

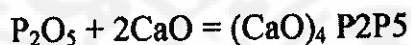
عملية الخام (قاعدية):

يصهر بهذه الطريقة الجزء الأكبر من الفولاذ المنتج جميعه، وفي بداية العملية يلقي في الفرن المسخن بالدولوميت المحمص لتحمية قاع الفرن وجوانبه المائلة، وبعد ذلك تشحن المواد الصلبة بالشحنة بترتيب معين، وكذلك الجير اللازم لتحويل الفوسفور والكبريت إلى خبث، وتتم عملية شحن المواد الأولية بوساطة ماكينات للشحن باعتبارها عملية تتطلب جهداً كبيراً، وبعد تسخين المواد الصلبة يصب الحديد الزهر السائل، وعملية صب حديد الزهر السائل مثلها مثل عملية شحن المواد الصلبة تتم ميكانيكياً. وأثناء سير العملية يبدأ سطح المعدن المصهور في التأكسد بوساطة أكسجين غازات الفرن ويتغطى تدريجياً بطبقة من الخبث، ويذوب أكسيد الحديد FeO المتكون في المعدن المنصهر ويتفاعل مع مواد الشحنة:



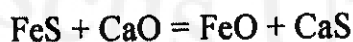
ويتحد الجير الموجود بالشحنة مع P_2O_5 مما يساعد على تخليص الشحنة من

الفوسفور:



وبالمثل فوجود كمية كافية من أكسيد الكالسيوم في الخبث يضمن تحويل

الكبريت إلى خبث:



وكما نرى من التفاعلات 1-4 أعلاه، فإن أكسيد الحديد FeO هو المصدر الوحيد للأكسجين بحمام المعدن المنصهر المغطى بطبقة من الخبث، ويضاف خام الحديد عدة مرات لمضاعفة سرعة عمليات الأكسدة، والعلامة المميزة الدالة على السير الطبيعي للعملية هي "الغليان" - وهو الفترة التي يتم فيها التأكسد الشديد للكربون. ويساعد الغليان على تقليب المعدن وخروج الغازات والتوزيع المتساوي للحرارة على عمق حمام المعدن كله، وتؤخذ أثناء سير العملية عينات عدة مرات يمكن منها الحكم على التركيب التقريبي للفولاذ، وفيما عدا العينات يجري تحليل عاجل للمعدن والخبث يحدد تركيب الفولاذ الكيميائي بدقة خلال 3-5 دقائق، وقبل نهاية الصهر يزاج الخبث وتضاف المواد المختزلة. وللحصول على أنواع الفولاذ الخاصة (السبائكية) يضاف الحديد الكرومي (الفروكروم) أو الحديد الفانادي (الفروفاناديوم) إلخ.

عملية الخردة:

وتجرى في أفران ذات بطانة حامضية على شحنة تحتوي على أقل كمية ممكنة من الفوسفور والكبريت، ويتلخص جوهر العملية في أكسدة الكربون، والسليكون والمنجنيز وهي تحت وقاية الخبث، وسير العملية فيما يختص بأكسدة المواد المختلطة وتبادل الأكسجين شبيه بما أوضحناه سابقا، وتكون خواص الفولاذ المصهور في الفرن الحامضي أجود بكثير من خواص الفولاذ المصهور في الفرن القاعدي، ولكن ضرورة استعمال الشحنات النقية ترفع كثيرا من تكاليف الإنتاج، وأهم دليل فني اقتصادي على كفاءة الإنتاج بطريقة مارتن هو كمية الفولاذ الناتج عن كل متر مربع من أرضية الفرن في مدة (24) ساعة، وقد توصل منتجو الفولاذ المجددون باستعمال الطرق السريعة لصهر الصلب إلى إنتاجية عالية تصل إلى (12) طنا من الفولاذ الجيد لكل متر مربع من أرضية الفرن كل 24 ساعة، وقد تمكن المتألفون من استعمال الأكسجين في إنتاج الفولاذ في أفران مارتن مما رفع كثيرا من إنتاجية الأفران، وتسير عملية مارتن سيرا هادئا بالمقارنة مع عملية التحويل كما أنها تسمح بالحصول على فولاذ كربوني وفولاذ سبائكي ذي جودة عالية، وتركيب كيميائي يطابق تماما التركيب المطلوب، والفولاذ المارتنّي وإن كان يقل من الفولاذ المنتج بالأفران الكهربائية في

كثافته وتمائل أجزائه إلا أنه أرخص بكثير من الفولاذ الكهربائي، ويستعمل فولاذ مارتن الحامضي في إنتاج الماكينات التي يعلق عليها كثير من الأهمية في حين يستعمل الفولاذ القاعدي في الصناعة العامة كالسكك الحديدية والكباري والهندسة المدنية... إلخ.

3.16- الصهر الكهربائي:

يمتاز الصهر الكهربائي إذا قورن بالطرائق الأخرى لصهر الفولاذ بعدة مميزات، منها إمكان التوصل إلى درجة حرارة عالية في مكان الصهر، مما يسمح بالحصول على خبث به كثير من الجبر، يضمن التخلص التام تقريباً من الفوسفور والكبريت، وكذلك يخفف كثيراً من احتراق المعدن وعناصر الإشابة نتيجة لعدم وجود لهب مؤكسد.

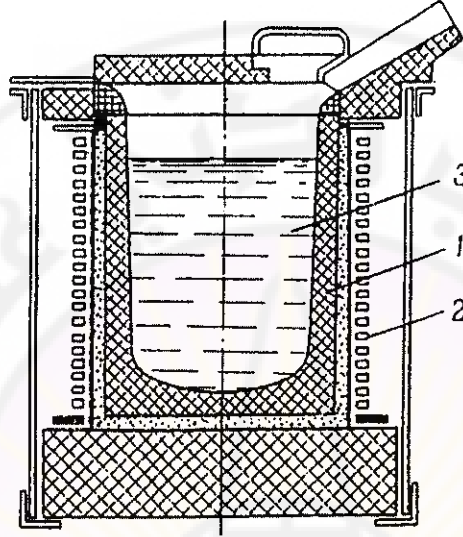
وتعمل الأفران الكهربائية الصناعية أما بالحث (التحريض) الكهربائي وإما بالقوس الكهربائي.

1.3.16- الأفران الكهربائية بالحث: (التحريض Induction):

في شكل 5.16 رسم لفرن كهربائي بالحث (بدون قلب) يعمل بتيار تردده 500-2000 ذبذبة / ثانية.

فحول البوتقة المقاومة للحرارة (1) ملف على شكل ماسورة من النحاس ذات مقطع مستطيل (2) يجري بها الماء للتبريد، ويمر تيار عالي التردد من مولد خاص في الملف فيثير في المعدن تيارات دوامية، تسخن المعدن (3) بسرعة حتى انصهاره. وتشغل في الأفران ذات التردد العالي شحنات موادها شديدة النقاوة منتخبة بعناية، ونظراً للسرعة الكبيرة للعملية لا يجد المعدن فرصة للتأكسد الشديد.

وعند نهاية الصهر تضاف كمية صغيرة من الإضافات والمواد المختزلة، ولا تزيد سعة الأفران العالية التردد عن (8) طن، وهي تستعمل لإنتاج مسبوكات الفولاذ الواجهية ولصهر سبائك الفولاذ ذات النسبة العالية للعناصر المضافة (الفولاذ المتحمل للحرارة والفولاذ المقاوم للانصهار والفولاذ غير القابل للصدأ إلخ).



شكل رقم (5.16) رسم تخطيطي لفرن كهربائي بالحث

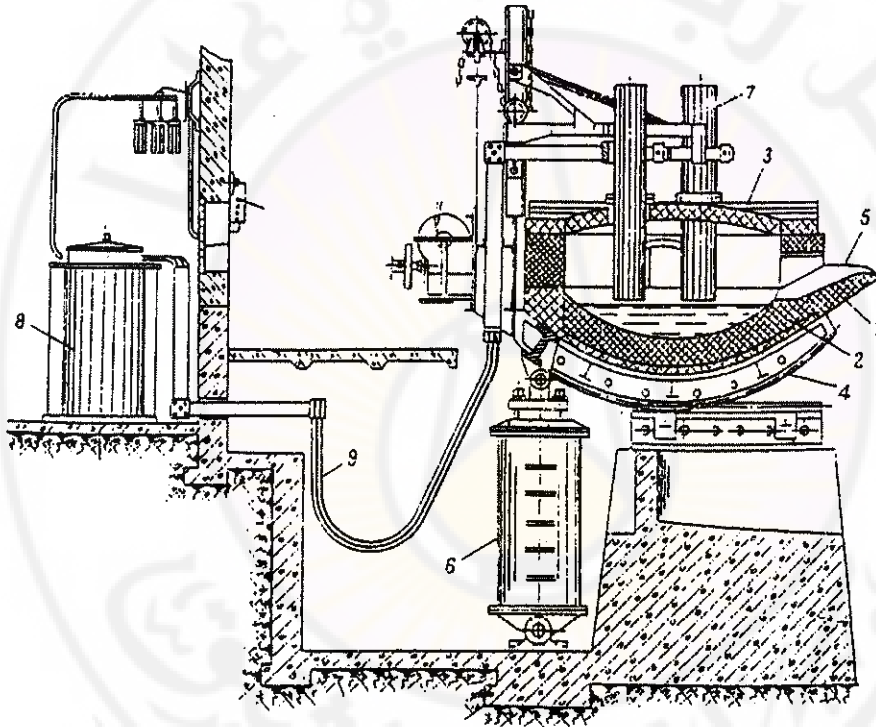
1- البودقة المقاومة للحرارة، 2- مفاعل حاث، 3- المعدن

2.3.16- أفران القوس الكهربائي:

وتعمل بمبدأ استغلال الحرارة المتولدة عن القوس الكهربائي المتكون، وتنقسم إلى أفران ذات قوس مستقل وأفران ذات قوس غير مستقل، وفي أفران النوع الأول توجد الأقطاب فوق سطح حمام المعدن، ويتم صهر الشحنة بواسطة الحرارة المتولدة عن القوس المتكون، أما في الأفران ذات القوس غير المستقل فيجرى صهر المعدن حرارة القوس الكهربائي المتكون بين الأقطاب وحمام المعدن، وقد انتشر استعمال هذه الأفران لصهر الفولاذ والسبائك انتشاراً واسعاً.

وفي شكل (6.16) مقطع تخطيطي لفرن قوس ذي وجهين ويصنع الغلاف (1) من صفائح سميكة من الصلب، وتصنع البطانة (2) في الأفران الحامضية من

الدیناس، وفي الأفران القاعدية من الماجنیزیت، وتصنع قبة الفرن (3) من الطوب الدیناسي بحيث يمكن خلعها، ويركب الفرن لسهولة صب المعدن على مجاري مقوسة (4)، ويجري الصب بالمزراب (5) باستعمال التوصيلة الكهربائية أو الهيدروليكية (6) التي تقوم بإمالة الفرن، وتصنع الأقطاب (7) متحركة، وهي إما من الكربون أو الجرافيت، وتنزى الأقطاب بالتيار من محول (8)، بواسطة كابلات مرنة (9) وتصل سعة أفران القوس إلى (180) طنناً.



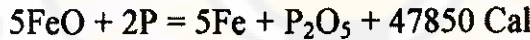
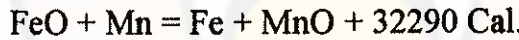
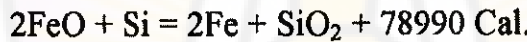
شكل (6.16) فرن القوس الكهربائي

وتتضمن الشحنة عند صهر الفولاذ في أفران القوس الكهربائي الخردة والزهر وخام الحديد والفلكس والمواد المختزلة وسبائك الحديد، والمادة الأولية الرئيسية هي خردة الفولاذ، أما الزهر فيقوم برفع نسبة الكربون في المعدن، ويضاف خام الحديد

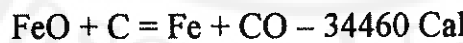
لأكسدة المواد المختلطة، ويستعمل الجير كفلكس فيكون خبثاً قاعدياً، ويحصل على الخبث الحامض بإضافة الرمل الكوراتزي، وتستعمل كمواد مختزلة الحديد السليكي (الفروسلوكون) والحديد المنجنيزي (الفرومنجنيز) والألمنيوم، ويضاف الحديد الكرومي (الفروكروم) والحديد النيكلي (الفرونيكل) والحديد الولفرامي (الفروولفرام) وإلخ للحصول على فولاذ سبائكي، وينتج في الأفران ذات البطانة الحامضية فولاذ عالي الجودة باستعمال شحنة نقية خالية من الفوسفور والكبريت بقدر الإمكان. أما في الأفران القاعدية فينتج فولاذ (يستعمل للإنشاءات) ذو نسبة منخفضة من الشوائب الضارة.

عملية الصهر الكهربائي: (قاعدية):

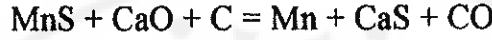
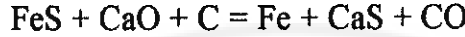
بعد انصهار الشحنة في الفرن يلقى فيه بكمية محددة من الجير وخام الحديد أو نواتج تأكسد الحديد ثم يوصل التيار الكهربائي، ويمكن تقسيم عملية صهر الفولاذ إلى مرحلتين: مرحلة التأكسد ومرحلة الاختزال، وفي المرحلة الأولى تتأكسد جميع المواد المختلطة (ما عدا الكبريت) بواسطة أكسجين الخام أو نواتج تأكسد:



ويضمن وجود الجير حدوث التفاعل $\text{P}_2\text{O}_5 + 4\text{CaO} = (\text{CaO})_4 \text{P}_2\text{O}_5$ يقشط الخبث وتضاف مرة أخرى كمية صغيرة من الجير والخام، وبعد تكون الخبث مرة أخرى تؤخذ عينة لمعاينة وجود الفوسفور ثم يقشط الخبث مرة أخرى وتكرر هذه العملية حتى التخلص التام من الفوسفور كله تقريباً، ومن المحتمل عند ارتفاع نسبة الكربون احتراق جزء منه لو كانت درجة حرارة الفرن كافية لذلك:



أما في المرحلة الثانية فيغمر سطح المعدن بخبث قاعدي يتكون من الجير والسيار القابل للانصهار ثم يضاف الكوك المفتت، ويجرى اختزال المعدن وتحويل الكبريت إلى خبث حسب التفاعلات الآتية:



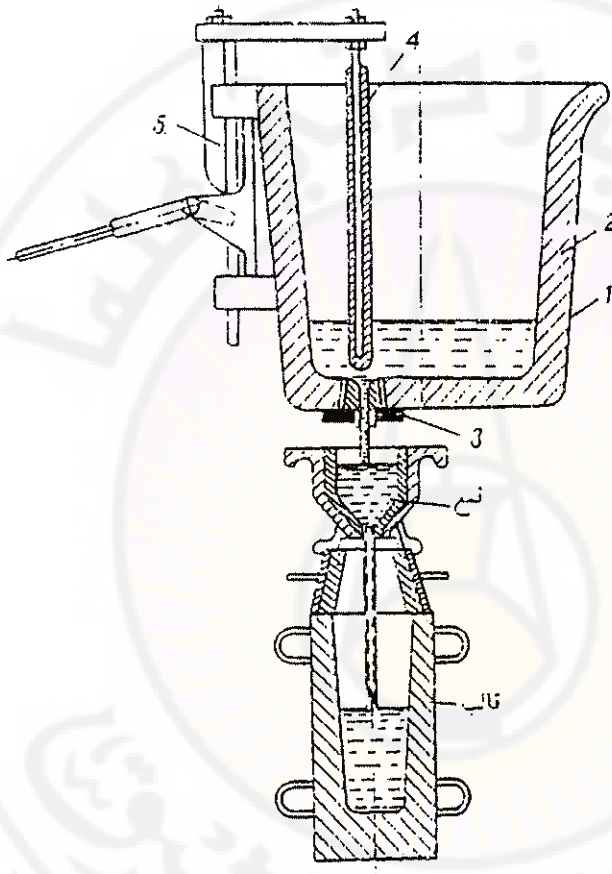
بعد قشط الخبث يضاف خبث جديد وتكرر هذه العملية حتى يتم التخلص من الكبريت كله تقريباً.

ولاختزال الفولاذ نهائياً تضاف سبائك حديد، فإذا كان المطلوب هو الحصول على فولاد سبائكي تضاف سبائك حديد تحتوي على نسبة عالية من عناصر الإشابة المطلوبة، وتؤخذ عينات في أثناء سير العملية وقبل صب الصلب يحكم منها على مدى نضوج الفولاذ ومطابقته للتركيب الكيميائي المطلوب، وتتراوح مدة الصهر الكهربائي حسب سعة الفرن وتركيب الشحنة المشغلة من (2-8) ساعات، وقد اكتسب إنتاج الفولاذ في الأفران الكهربائية أهمية كبيرة نظراً لانتشار استعمال أنواع الفولاذ السبائكي والفولاذ العالي الجودة في بناء الماكينات المهمة.

4.16- صب الصلب (الفولاذ):

يصب الفولاذ المصهور في المحول أو في فرن مارتن أو الفرن الكهربائي في بودقة صب، وبعد ذلك يجري سكبه في قوالب خاصة، وبودقة الصب (شكل 7.16) عبارة عن وعاء (1) من الصلب المبرشم، مبطن بالطوب الحراري (2) وفي قاع البودقة فتحه مستديرة يركب بها كوب (3) من الطين الحراري، وتغلق فتحة الكوب بسدادة مصنوعة من مادة مقاومة للحرارة، مثبتة بذارع الإغلاق (4)، وتركيبه (ميكانيزم) وتركيبه الإغلاق (5) مثبتة على الغطاء من الخارج، وتحمل البودقة إلى مكان الصب بواسطة الأوناش المعلقة.

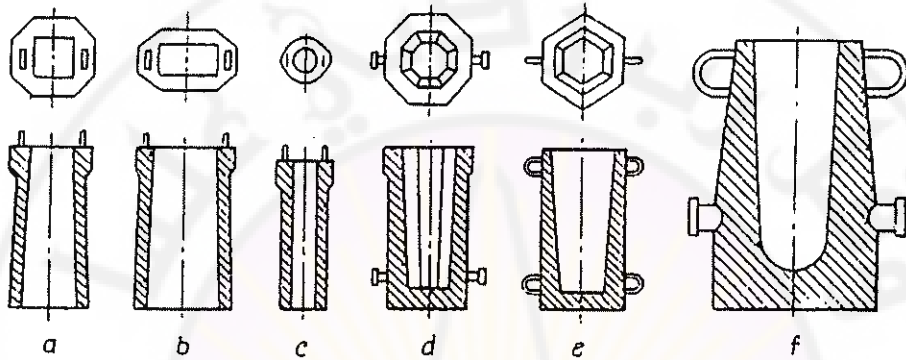
أما القالب فيصنع من الزهر، وأحياناً من الصلب بقاع أو بدون قاع، ويصنع القالب مسلوباً من إحدى الجهتين لتسهيل إخراج الصبة (الكتلة المصبوبة)، وبشكل 8.16 مبينة أنواع من القوالب ذات المقاطع المختلفة.



شكل 7.16 بودقة الصب

ويمكن أن يكون الفولاذ عند صبه إما هادئاً أو "فواراً"، وتخرج من الصلب الهادئ عند صبه كمية قليلة من الغازات كما أنه لا يغلي، وللحصول على هذا الصلب يجرى اختزال تام للمعدن بإضافة كمية كافية من الزهر الخاص، أما الصلب (الفوار) فيغلي في أثناء عملية الصب وتتصاعد منه كمية كبيرة من الغازات، ويفسر فوران

الصلب بأنه يصب قبل أن يتم اختزاله الكامل فعند انخفاض درجة الحرارة يتفاعل جزء من الكربون مع أكسيد الحديد المتبقي: $FeO + C = Fe + CO$ والصلب الفوار أرخص من الهادئ، كما أنه يعطي كمية أكبر من المعدن ويوفر في المواد المختزلة، إلا أنه أقل في جودته من الصلب الهادئ بكثير.

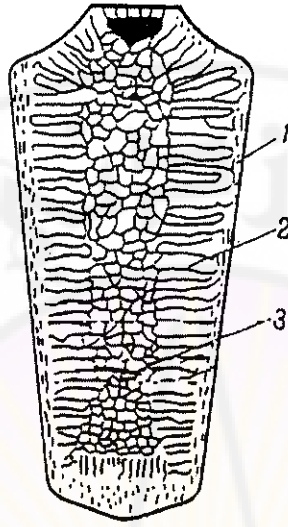


شكل رقم (8.16) أنواع قوالب الصب

a, b - للصبب المستعملة للدافنة، c - للمواسير، d, e, f - للمطروقات.

بنية مصبوبات الفولاذ:

لا يبرد الفولاذ المصبوب في قالب الصب بانتظام ويبين الشكل (9.16) بنية الصبة، فعند أماكن تلامس المعدن السائل بحوائط القالب يبرد المعدن بسرعة، مكوناً طبقة رقيقة متكاثفة (1) من البلورات الدقيقة ذات الاتجاهات المختلفة ويجرى التبريد في اتجاه مركز الصبة ببطء، ويكون نمو البلورات في غالبية اتجاه عمودي على جدران القالب، وتسمى البلورات المتكونة بالبلورات (2) العمودية (لشبهها بالأعمدة). في الجزء المحوري من الصبة فإن التبريد يكون أكثر ببطئاً، ولما كانت الحرارة تتسرب في مختلف الجهات فإن هذا الجزء من الكتلة (3) يتكون من بلورات متناثرة دون ترتيب معين.



شكل رقم (9.16) مقطع تخطيطي لصبّة من الصلب

الفصل السابع عشر

إنتاج المعادن غير الحديدية

- 1- إنتاج النحاس.
- 2- إنتاج الألمنيوم.
- 3- إنتاج القصدير والزنك.
- 4- إنتاج الرصاص.



إنتاج المعادن غير الحديدية

من المعادن غير الحديدية، المستعملة على نطاق واسع في الصناعة، النحاس والألمنيوم والقصدير والزنك والرصاص والنيكل والمغنيزيوم، ويفسر استعمال المعادن غير الحديدية وسبائكها بأن لبعضها خواص قيمة، كجودة التوصيل الكهربائي والحراري ومقاومة الصدأ وصغر معامل الاحتكاك ... إلخ

1.17- إنتاج النحاس (Cu):

يستعمل النحاس في حالته النقية في الصناعات الكهربائية والحرارية (إنتاج الطاقة) والصناعات الكيميائية، كما أن النحاس يستعمل على نطاق واسع للحصول على السبائك، ويستخلص النحاس من خامات النحاس.

خامات النحاس:

وتوجد في القشرة الأرضية أساساً على شكل مركبات مختلطة، تحتوي عدا عن النحاس على خامات معادن أخرى.

ويستخلص الجزء الأكبر من النحاس من خاماته الكبريتية، التي تحتوي على النحاس بنسبة تصل إلى 5% ومن هذه الخامات:

1- بيرييت النحاس، أو الهالكوبيرييت $Cu_2S \cdot Fe_2S_3$ وهو أكثر خامات النحاس انتشاراً.

2- الهالكوزيت Cu_2S .

3- البورنيت $Cu_2S \cdot FeS \cdot CuS$.

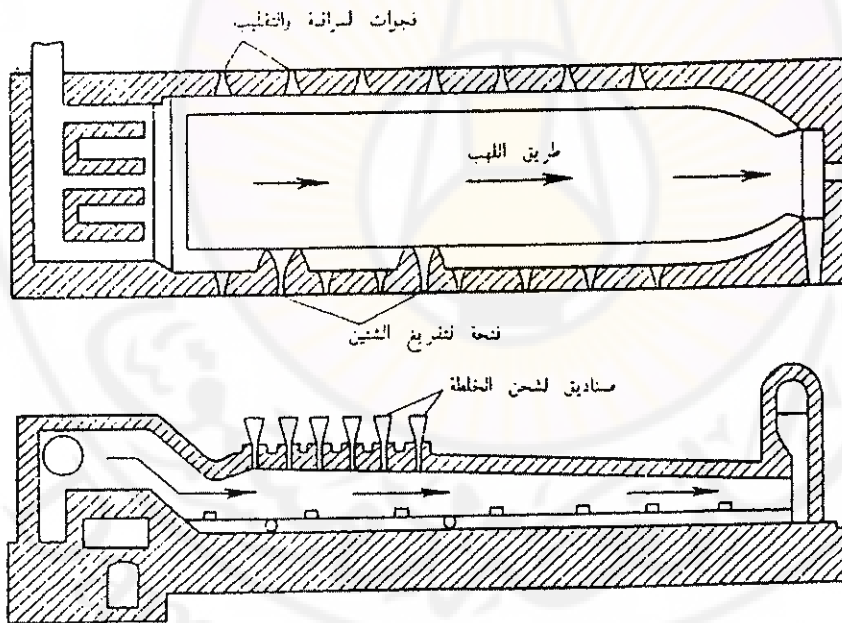
4- الكوبريت، خام أكسيد النحاس Cu_2O ويعتبر من الخامات الفقيرة.

وهناك طريقتان لإنتاج النحاس: الطريقة البيرومتالورجية (الجافة)، والطريقة الهيدرومتالورجية (الرطبة)، وقد انتشر استعمال الطريقة الجافة، التي تشغل بها الخامات الكبريتية، ولا يشغل بالطريقة الرطبة إلا الخامات الأكسيدية.

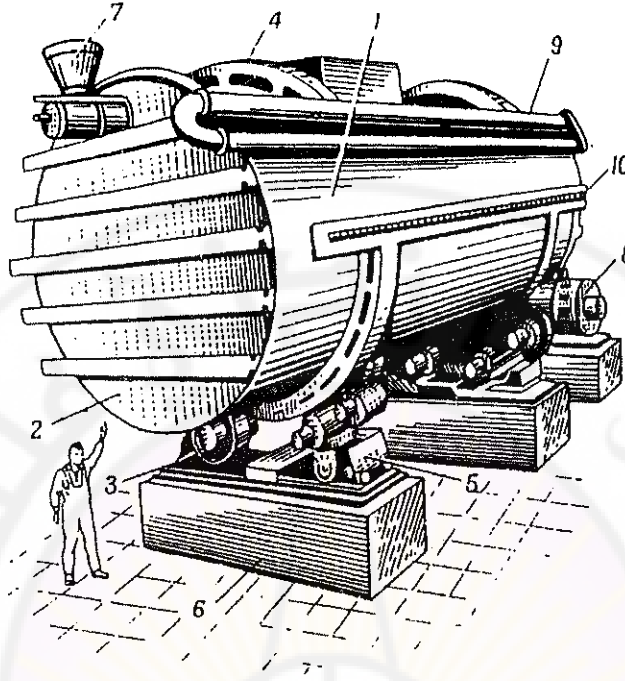
1.1.17- الطريقة الجافة (البيرومتالورجية) لاستخلاص النحاس:

وتتكون هذه الطريقة من العمليات الآتية:

- 1- تركيز الخام.
- 2- التحميص.
- 3- التحويل إلى نحاس صخري.
- 4- الحصول على النحاس غير النقي.
- 5- التنقية.



شكل رقم (1.17) رسم تخطيطي للفرن العاكس



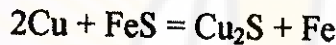
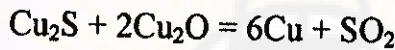
شكل رقم (2.17) محول اسطوانتي لنفخ النحاس الصخري

1- الغلاف، 2- القاع، 3- أسطوانة، 4- إطار، 5- مسند، 6- الأساس، 7- العنق،
8- تركيبة التحريك، 9- ماسورة الهواء، 10- فتحات الهواء.

1- تركيز خامات النحاس الكبريتية، ويجرى بطريقة الطفو وهي مبنية على قدرة المركبات الكبريتية على عدم الابتلال بالماء، فيفتت الخام قبل التعويم في طواحين ذات كرات حتى يصل حجم حباته إلى 0.5-0.05 مم وبعد ذلك يحمل في ماكينة الطفو المملوءة بالماء، فتبدأ جزيئات الخام الكبريتي المفتتة التي لم تبطل بالماء في الصعود إلى السطح أما جزيئات المادة العاطلة فتترسب على القاع، وللإسراع بطفو جزيئات الخام الكبريتي تضاف كمية صغيرة من زيت البترول إلى الخام كما ينفخ الهواء خلال الماء، فتلتصق فقاعات الهواء المتكونة بجزيئات الخام، وتصعد معها على شكل زبد يقشط ويزال منه الماء.

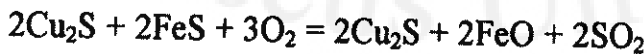
2- التخميص: ويتم بتخميص الخام المركز لتقليل نسبة الكبريت به ولتحويل بعض كبريتيد النحاس والحديد إلى أكاسيد، وعند التخميص تزال كذلك بعض الشوائب الضارة بالخام كالزرنين والانتيمون، ويتم التخميص في أفران خاصة بها عدة أقباء في درجة حرارة 800-1000 م.

3- التحويل إلى نحاس صخري: ويجرى الصهر إلى نحاس صخري (شنتين) في أفران أسطوانية أو أفران عاكسة، ويستعمل الفرن الأسطواني (نو القميص المائي) عندما يكون الخام على شكل قطع كبيرة، ويعمل الفرن العاكس (شكل 1.17) بوقود صلب (مسحوق) أو وقود سائل أو وقود غازي، وتصل درجة الحرارة في هذه الأفران إلى أعلى من 1000 م، ويجرى شحن الخام المركز بالطفو مخلوطاً بالفلكس خلال صناديق توجد على طول قبة الفرن، وعند درجة حرارة تقرب من 1100 م تجري التفاعلات الآتية:

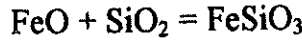


ويكون كبريتيد النحاس الثنائي Cu_2S وكبريتيد الحديد FeS النحاس الصخري، بينما تعطي المادة العاطلة والفلكس وأكسيد الحديد الخبث، وتتراوح إنتاجية الفرن في الحدود من 2-6 طن كل 24 ساعة لكل متر مربع من أرضية الفرن، وبعد انتهاء الصهر يقشط الخبث ويؤخذ النحاس الصخري للتشغيل في المحولات.

4- للحصول على نحاس غير نقي: يجرى التحويل في أجهزة كمثرية أو أسطوانية (الشكل 2.17) ذات تيار هواء جانبي، ويمكن تمييز مرحلتين للتحويل، ففي المرحلة الأولى عند نفخ الهواء يتأكسد الحديد حسب المعادلة:



وفي هذا التفاعل تنطلق حرارة، ولتحويل أكسيد الحديد إلى خبث تضاف السليكا:

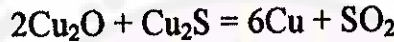


ويقشط الخبث المتكون (FeSiO_3)

أما في المرحل الثانية فيحترق الكبريت المتحد مع النحاس حسب المعادلة:



ويتفاعل أكسيد النحاس المتكون Cu_2O مع كبريتيد النحاس Cu_2S المتبقى حسب المعادلة:



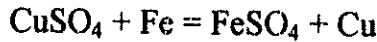
ويحتوي النحاس غير النقي الناتج على شوائب بنسبة نحو 2%.

5- تنقية النحاس (التنقية من الشوائب الضارة) وتتم إما بالطريقة الحرارية أو بالطريقة الكهروكيميائية، وتجري التنقية بالطريقة الحرارية في أفران عاكسة. ويحتوي النحاس الذي تنتج بواسطتها على 99.5-99.7% من عنصر النحاس. ويصب هذا النحاس في كتل أو صفائح مصعدية لعملية التحليل الكهربائي. وتستعمل هذه الصفائح للحصول على تنقية أكثر للنحاس (تصل إلى نسبة 99.98% من عنصر النحاس)، الذي يستعمل لتلبية احتياجات الصناعات الكهربائية.

2.1.17- الطريقة الرطبة (الهيدروميتالورجية):

وتستعمل للخامات الأكسيدية الفقيرة، يفتت الخام أولاً إلى أن يصل حجم حبيباته إلى 2-15 مم وبعد ذلك يمر بمرحلة الفرز للحصول على حبيبات ذات حجم واحد (درجات)، وتجري لكل درجة عملية تركيز في ماكينة ترسيب، وفي هذه الماكينات يغسل الخام والمادة العاطلة بواسطة تيار من الماء، ولما كان الوزن النوعي للخام والمادة العاطلة مختلفاً، فإنهما ينفصلان: فيرسب الخام إلى أسفل بينما تبقى المادة العاطلة بأعلى، ويعامل الخام المركز بمحلول مخفف من حامض الكبريتيك، ويتلو ذلك

ترشيحه للحصول على محلول نظيف، ويتم ترسيب النحاس من المحلول بالتحليل الكهربائي أو بإحلال الحديد (الخرقة) محل النحاس حسب التفاعل:



ويعاد صهر النحاس الناتج في أفران لهبية ثم ينقى.

2.17- إنتاج الألمنيوم Al:

يعد البوكسيت المادة الخام الرئيسية للحصول على الألمنيوم، والبوكسيت صخر معدني مركب يحتوي على هيدروكسيد الألمنيوم $\text{Al}(\text{OH})_3$ طليقاً بنسبة 40-60% وعلى عدد من الشوائب: Fe_2O_3 ; SiO_2 ; CaO ; TiO_2 وغيرها، وينقسم إنتاج الألمنيوم إلى عمليتين:

1- الحصول على أكسيد الألمنيوم (الألومينا) من البوكسيت.

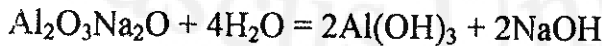
2- التحليل الكهربائي للألومينا.

الحصول على أكسيد الألمنيوم (الطريقة القلوية):

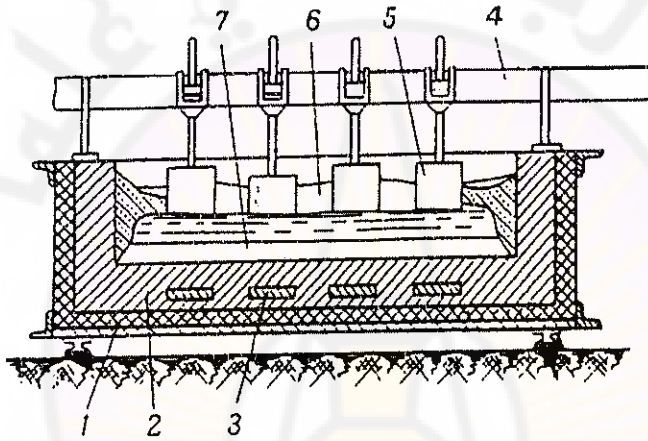
وفيها يعامل الخام الذي يحتوي على كمية صغيرة من السليكا بالمواد القلوية لتحويل هيدروكسيد الألمنيوم إلى ألومينات الصوديوم:



وتذوب الألومينات الناتجة في الماء أما أكاسيد الحديد والكالسيوم والتيتانيوم فإنها تكون رواسب صلبة غير قابلة للذوبان تفصل على المرشحات الكاسية، ويجرى المحلول المائي المرشح لألومينات الصوديوم إلى أحواض بها قلابات حيث يتحلل المحلول بواسطة التحليل الكهربائي فينفصل منه راسب صلب من هيدروكسيد الألومنيوم:



ويرسل الراسب المرشح المغسول إلى الفرن حيث يتحول عند درجة 1300°م إلى أكسيد الألمنيوم غير المائي Al_2O_3 وقد حظى استعمال الطرق القلوية لإنتاج الألومينات بأوسع انتشار.



شكل رقم (3.17) حمام لتحليل الألومينا

إنتاج الألمنيوم بطريقة التحليل الكهربائي:

يتلخص الحصول على الألمنيوم من الألومينا في تحليل أكسيد الألمنيوم (كهربائياً) في حمام من الكريوليت $AlF_3 \cdot 3NaF$ المصهور إلى مكوناته، ومن خواص الكريوليت $AlF_3 \cdot 3NaF$ ، القدرة على إذابة الألومينا وهو بالإضافة إلى ذلك يخفض درجة انصهارها التي تقدر بنحو 2000°م، ويبين الشكل (3.17) مقطعاً تخطيطياً لحمام التحليل الكهربائي. ويتكون الحمام من غلاف حديد وبطانة عازلة للحرارة (1)،

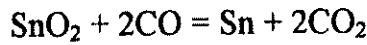
وقاع الحمام وجدرانه، وهي مغطاة بطبقة من الكربون (2)، وتوصل المهابط الإطارية (3) المدفونة في القاع بالقطب السالب لمصدر التيار، أما إطار المصعد (4) فتوصل به الأقطاب الكربونية (5) المدلاة في الحمام، وقبل بدء التحليل الكهربائي تنثر على قاع الحمام طبقة رقيقة من الكوك المفتت ثم تنزل الأقطاب حتى تتلامس معها ويوصل التيار، وعندما تسخن الطبقة الكربونية إلى درجة الاحمرار يدخل الكريوليت وبعد انصهاره تشحن الألومينا (6) بما لا يزيد عن (15%) من الكريوليت بالحمام، وعند هذه النسبة للأملح تكون درجة حرارة المحلول من (950 – 1000 م°)، ومع تحلل الألومينا يتجمع الألمنيوم (7) المختزل على قاع الحمام وتضاف الألومينا لتعويض التحلل.

وتوصل الحمامات على التوالي في ورشة التحليل الكهربائي في مجموعات بكل منها من (80-100) حمام، وفرق الجهد بين الأقطاب للحمامات من (5-10) فولت مع شدة للتيار نحو (30000) أمبير، ويجرى صب الألمنيوم مرة كل (50 – 100) ساعة، ويستهلك لإنتاج طن من الألمنيوم نحو 2 طن من الألومينا، و(0.6) طن من الأقطاب الكربونية (المصعد)، و(0.1) طن من الكريوليت ومن (16000) إلى (19000) كيلوات ساعة من الطاقة الكهربائية. وينقى الألمنيوم الناتج لتخليصه من جزيئات الكريوليت والغازات الذائبة، ويحتوي الألمنيوم المنقى على شوائب بنسبة (0.3) إلى 1%.

3.17- إنتاج القصدير (Sn):

يستخلص القصدير من خاماته النادرة الوجود نسبياً التي لا توجد بكميات كبيرة، ويوجد القصدير في خاماته على شكل ثاني أكسيد القصدير SnO_2 المسمى بحجر القصدير أو الكاسيتريت، ويعثر نادراً على بيريت القصدير وتكون نسبة القصدير في الخام عادة صغيرة (من 0.25 إلى 1%) أما الباقي فهو مادة عازلة (كوارتز وفلورسبار) وشوائب، وتصل نسبة القصدير إلى 2-6% في الخامات المسماة بالخامات (الغنية) فقط، ويجرى على الخام المستخرج التركيز والتحضير، وبعدها

يصهر الخام المركز لاختزاله في أفران عاكسة حيث يختزل ثاني أكسيد القصدير SnO_2 عند درجة حرارة 800°م بواسطة أول أكسيد الكربون والكربون الصلب:



ويحتوى القصدير الناتج على كثير من الشوائب والتي تصل نسبتها إلى 3%، وللحصول على نوع جيد من المعدن يحتوى على 99.99% من عنصر القصدير تجرى التنقية بالتحليل الكهربائي.

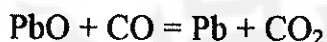
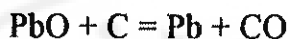
4.17- إنتاج الزنك Zn:

يستخلص الزنك (الخاصين) التوتياء، من خامات الزنك، ويعتبر البلند الخاصيني ZnS أهم خامات الزنك، ويحتوى عادة من 30-50% خاصين، ويجرى الحصول على الزنك بطريقتين: بطريقة التقطير (البيرومتالورجية) وبطريقة التحليل الكهربائي (الهيدرومتالورجية)، وتتلخص الطريقة الكهربائية، التي حظيت بانتشار كبير، في تحميص الخام المركز ثم معالجته بمحلول من حامض الكبريتيك، ويرسل محلول ZnSO_4 بعد تنقيته من الشوائب إلى حوض التحليل الكهربائي وبه المصعد من ألواح الرصاص والمهبط من ألواح الألمنيوم، ويترسب الزنك في عملية التحليل على المهبط، ويصهر الزنك المهبطي في أفران عاكسة ذات جو مختزل يقي المعدن من التأكسد، ويحتوى الزنك المصبوب في كتل على 99.95% من عنصر الخاصين.

5.17- إنتاج الرصاص Pb:

يستخلص الرصاص من خاماته، وأهم خامات الرصاص هو الليتارج PbS ، وتتراوح نسبة الرصاص بالخام في المتوسط من 6-16% ويستخلص الرصاص بطريقة الصهر الاختزالي للخام المركز بعد تحميصه مبدئياً، ويجرى التحميص

المبدئي في أفران عاكسة لتحليل كبريتيد الرصاص PbS وتحويل الرصاص إلى كبريتات PbSO₄ ويمكن بواسطة التحميص الثانوي التخلص تماماً من الكبريت والحصول على PbO، ويختزل الرصاص عند الصهر في أفران أسطوانية بواسطة كربون فحم الكوك حسب المعادلتين:



ويحتوي الرصاص الناتج بعد الاختزال على شوائب بنسبة تصل إلى 1.5% ويحتوي الرصاص بعد تنقيته على نحو 99.95% من عنصر الرصاص.

المراجع العلمية

- 1- تكنولوجيا إنتاج المصبوبات: ت. د. تيتوف. ي. أ. ستيبانوف. "ماشينوستراينية" موسكو. 1974.
- 2- سباكة المعادن، د. سلمان السغبيني، منشورات جامعة حلب 1992 م.
- 3- تكنولوجيا المعادن: أ. ماليشيف، ج. نيكولايف، ي. شوفالوف، دار "مير" للطباعة والنشر موسكو.
- 4- المدخل إلى هندسة الإنتاج: أحمد سالم الصباغ، عالم الكتب القاهرة، 1985.
- 5- القواعد الأساسية في إنتاج وتصميم المسبوكات، كلارس ميرك، ترجمة محمد زكي منير، مكتبة النهضة المصرية، 1975.
- 6- تشكيل المعادن بدون قطع: بيتراك، ترجمة حسن محمود إسماعيل ومحمد عبد المجيد نصار، 1980.
- 7- السباكة (مجلة الجمعية المصرية لسباكة المعادن) العدد 10 عام 1985.
- 8- الميتالورجيا العامة: ب. كوزمين وآخرون، دار "مير" للطباعة والنشر، موسكو، 1971.
- 9- سباكة المعادن في النظرية والتطبيق: د. فؤاد عازر- د. مازن يعقوب، منشورات جامعة دمشق 1997.
- 10- السباكة الدقيقة: أ.ج. كليغ، أوكسفورد، 1994.
- 11- تكنولوجيا المعادن: أ.ن. كلاديلين، براغ، 1955.
- 12- السباكة (III): بريبييل، براغ، 1969.



المصطلحات الفنية (العلمية)

A

Allowance.	تسامح.
Abrupt changes.	تغيرات فجائية.
Alloy.	سبيكة.
Alloy steet.	صلب سبائكي (فولاذ سبائكي).
Alloying element.	عنصر سبائكي.
Annealing.	تخمير حراري.
Auxiliary air cylinder.	أسطوانة هواء مساعدة.
Axial.	محوري.
Air ramming.	الرك بالهواء.
Air duct.	مجرى هواء.
Allowance on pattern.	تسامح النماذج.
Aerators.	جهاز تهوية.
Aloam sand molds.	قالب من رمل طحي.
Air open hearth furnace.	الفرن ذو القلب المفتوح.

B

Binders.	مواد رابطة.
Blowhole.	بخبخة (فجوة غازية).
Blower	منفاخ.
Blade	ريشة.
Bar	قضيب.
Base metal	معادن الأساس.
Batch furnace.	فرن دفعة.
Bell-type annealing furnace.	فرن تحمير أسطواناني دوسير.
Bessmer converter.	محول بسمر.
Blond riser.	مصعد مسدود (مغذي مغلق).
Bunch of patterns.	مجموعة النماذج.
Backing sand.	رمل الحلف أو التكميل (رمل الإملاء).
Bonding action.	تأثير الربط.
Bott.	سدادة.
Bottom board.	لوحة قاع.
Butt ramming.	رك بالقرص.

C

Crucible.	بوتقة.
Cupola.	دست (فرن الدست).
Centrifugal casting.	الصب بالطرد المركزي.
Core.	قلب (نواة).
Cupola shaft.	جسم أسطوانة فرن الدست.
Cleaning.	تنظيف.
Cast iron.	حديد الزهر / حديد صب.
Cement-bonded sand.	رمل اسمنتي.
Carbon soot	سناخ الكربون.
Charge.	شحنة.
Core box.	صندوق قلوب.
Clay.	(طين طفل).
Coke.	فحم كوك.
Crucible-furnace.	فرن ذو بواتق منفصلة.
Casting.	مصبوبة (مصبوكة).
Cold-chamber machine.	مكنة ذات غرفة باردة.
Calcium carbide.	كربيد الكالسيوم.
Capillary attraction.	تجاذب شعري.

Cavity.	فجوة.
Centrifugal compating.	تدميج بالطرد المركزي.
Centrifugal force.	القوة الطاردة المركزية.
Ceramics.	المواد الخزفية.
Chemical analysis.	تحليل كيميائي.
Compacting.	تدميج (الضغط).
Compressed air.	هواء مضغوط.
Compressibility.	قابلية الانضغاط.
Container.	وعاء.
Contraction cavity.	فجوة تقلص.
Cooling bank.	فرشة تبريد.
Corrosion.	تآكل كيميائي (صدأ).
Corrosion resistance.	مقاومة الصدأ.
Crack.	شرخ.
Cross-section.	قطع مستعرض (مقطع عرضي).
Chill casting.	الصب مع التبريد الفجائي.
Cope section.	النصف العلوي للقالب /الريزك العلوي/.
Core-oil.	زيت القلوب.
Core-print.	موطئ القلب.

Chaplets.	حوامل القلب.
Charging door.	باب الشحن.
Cheek flack.	ريزق وسط.
Cleaning castings.	تنظيف المسبوكات.
Close mould.	قفل القالب.
Core blowing.	إعداد القلب بالنفخ.
Core drier.	محمصة القلب.
Core drying.	تحميص القلب.
Computing charge.	حساب الشحنة.
Conveyor.	ناقل.
Core assembly.	تجميع القلب (الدليك).
Core making.	صناعة القلب (الدليك).
Core sand.	رمل القلب (الدليك).
Core production and handling.	إنتاج القلوب ومناولتها.
Contractio shrinkage.	انكماش التقلص.
Cell-structure.	بنية خلوية.
Clay bonding action.	تأثير الربط للطين.
Casting inspection.	تفتيش المسبوكات.

Casting defects caused by sand.

عيوب المسبوكات بسبب الرمل.

Core mixtures.

مخاليط القلوب.

Core binders.

مواد ربط القلوب.

D

Dry.

جاف.

Dry sand.

رمل جاف.

Dust suppressor.

حاجز أتربة.

Die casing.

صب في قوالب معدنية.

Dead mould.

قالب استهلاكي.

Drag section.

النصف السفلي للقالب (الريزك السفلي).

Direct-arc.

قوس مباشر.

Directional solidification.

تجمد موجة.

Dirt inclusion.

احتواء الشوائب.

Dowel pins and holes.

بنوز وتقوب الدسر.

Down-pour gate.

مصب سفلي.

Draft.

سلبية.

Dry permeability.

النفاذية للقالب الجاف.

Dry sand core.

قلب رملي محمص.

Dry sand mould.	قالب رمل جاف.
Dendritic structur.	بنية شجرية.
Dust control.	أجهزة تحكم بالغبار.
Dust collectors.	أجهزة جمع الغبار.
Description of common alloys.	وصف السبائك الشائعة.
Drag board.	لوحة قاع.
Damping vibration.	اهتزاز متخامد.
Design alterations.	تعديلات التصميم.
Draw.	سحب.
Draw spike.	شوكة سحب.
Direct and indirct methods magnetic particle test.	الطرق المباشرة وغير المباشرة للاختبار بالدقائق المغناطيسية.
Defects.	عيوب.

E

Extrusion.	بثق.
Eddy currents.	تيارات دوامية.
Electric furnace.	فرن كهربائي.
Ejectors.	طارادات (لوافظ).
Evolution of design.	تطور التصميم.

F

Flask.	إطارات ساند (ريزق).
Foundry.	مسبك.
Fibres.	ألياف.
Flux.	مساعد صهر.
Fire clay.	طين حراري.
Flame.	لهب.
Flow.	انسياب — جريان / سيلان/.
Fracture.	تصدع.
Fusion.	انصهار.
Founder.	عامل مسبك.
Facing sand.	رمل الوجه.
Feeder.	مغذي — مرضع.
Ferrochrome.	فيرو كروم.
Ferromangamse.	فيرو منغنيز.
Ferrosilicon.	فيرو سليكون.
Floor molds.	قوالب الأرض.
Fluidity test.	اختبار السيولة.
Force of buoyancy.	قوة الطفو.

Follow baord.	لوحة متابعة.
Forming.	تشكيل.
Finishing allowance.	سماح النهور /تسامح الإنهاء/.
Flowability.	قابلية الجريان /السيلان/.
Feeder to avoid shrinks.	مغذي لتجنب التقلصات.

G

Green sand.	رمل أخضر.
Gate.	مصعب.
Graphite.	جرافيت.
Gauge.	مدك — مقياس.
Grinding machine	مكنة تجليخ.
Grain.	حببية.
Grain growth.	نمو الحبيبات.
Graphite-mold casting.	صب في قوالب جرافيت.
Gaggers.	شناكل.
Gama-ray inspection.	تفتيش بأشعة جاما.
Gate cutter.	أداة قطع المصعب.
Gated patterns.	نموذج عنقودي.
Grain distribution.	توزيع الحبيبات.

Grain shape.	شكل الحبيبة.
Grain size.	مقاس الحبيبة.
Graphite flakes.	قشور الجرافيت.
Goodw neck injector tube.	أنبوبة الحقن رقبة أوزة.
Grain fineness number.	رقم درجة نعومة الحبيبات.
Grinders.	مكنات جليخ.

H

Hot-chamber machine.	مكنة ذات غرفة ساخنة.
Heat resisitant.	مقاوم للحرارة.
Hair-line cracks.	شقوق شعرية.
Hardness.	صلادة — قساوة.
Heate treatment.	معاملة حرارية.
Heating rate.	معدل التسخين.
High-carbon steel.	فولاذ عالي الكربون.
Homogeneity.	تجانس.
Homogeneous.	متجانس.
Hanging core.	(نواة) قلب معلق.
Heap sand.	كوم رمل.
Hot spot.	بقعة حارة.

Hot tear.	كسر ساخن.
Hydrogen absorption metal.	امتصاص هيدروجين للمعدن.
Hydro-blast barrel.	برميل بتيار هيدروليكي.
Hot spot formed by bosses.	صرر تسبب بقاعا حارة.

I

Impurities.	شوائب.
Inclusions.	متضمنات / محتويات.
Induction furnace.	فرن حث كهربائي / تحريضي.
Internal defect.	عيب داخلي.
Internal stress.	إجهاد داخلي.
Investment casting	الصب بالشمع المهدور.
Impact resistance.	مقاومة الصدم.
Indirect-arc.	قوس غير مباشر.
Ingate.	بوابة فتحة دخول المعدن.
Irregular parting.	سطح فصل غير منتظم.
Irregular draw.	سحب غير منتظم.
Iron.	حديد.
Iron powder.	مسحوق الحديد.
Internal chills.	المبردات الداخلية.

J

Jolt squeezer.	مكنة كابسة هازة.
Jolt machine.	مكنة هازة.
Jaw.	فك.
Jolt-ramming.	الدك بالهز.
Jolting table.	منضدة هزازة.
Jolting shop molding.	هز وتكسير القوالب.

L

Lamination.	تفصم طبقي.
Layer.	طبقة.
Lime.	جير.
Loose.	سائب.
Lost-wax casting.	الصب بطريقة الشمع المفقود.
Ladle.	مغرفة (معلقة) — بوتقة.
Linig.	بطانة.
Lost pattern.	النموذج المفقود.
Latent heat of fusion.	حرارة الانصهار الكامنة.
Loam sand moulds.	قوالب رمل غريني.
Loose pattern parts.	قطع نموذج سائبة.

Loss and gain.

الفقد والاكتساب.

Litharge.

أول أكسيد الرصاص.

M

Mould (mold).

القالب.

Metal casting.

صب المعادن.

Mold cavity.

فجوة القالب.

Moulding machine.

مكنة تشكيل القوالب.

Magnetic field.

مجال مغناطيسي.

Metal flow.

إنسياب المعدن.

Method.

طريقة.

Microscopic.

مجهرى (بالمجهر)

Master pattern.

النموذج الرئيسي.

Melt.

صهير / المصهور.

Melting zone.

نطاق الانصهار.

Metal binder.

مادة رابطة معدنية.

Moulding.

قولبة.

Magnetic pulley separator.

طارة فصل بالمغنطة.

Malleable iron.

حديد طروق.

Mach plate.

لوحة تطابق.

Metal insert.	حشوة معدنية.
Milling stars.	نجوم الطحن.
Moisture.	رطوبة.
Moulding floor.	أرض تشكيل القوالب.
Muller.	داهوكة /دولاب طحن/.
Mudding cores.	دهان (طبقة حرارية) للقلوب.
Magnetic particle inspection.	تفتيش بالذرات بالمغناطيسية.
Machining allowances.	تسامحات التشغيل.
Mold shake-out.	تكسير القوالب.
Molding processes and materials.	طرائق إعداد القوالب والمواد.

N

Neck.	رقبة.
Nozzle.	فوهة.
Nichel alloys.	سبائك النيكل.
Nonferrous metals.	معادن غير حديدية.
Normalizing.	سلة المعادلة.

O

Oxidation.	تأكسد.
Open hearth furnace.	فرن مفتوح.
Overheating.	تسخين مفرط.
Oxide layer.	طبقة أكاسيد.
Oil bond.	ربط بالزيت.
One piece pattern.	نموذج من قطعة واحدة.
Optimum sand condition.	أفضل حالة للرمل.
Oven.	محمصة / فرن تحميص.
Over head carrier.	حامل أو ناقل فوق الرأس.

P

Pattern.	نموذج.
Permanent-mould casting.	الصب في قوالب دائمة.
Plastic state.	حالة عجينية.
Pouring spout.	فوهة صب.
Permanent mould.	قالب دائم.
Protuberances.	نتوءات.
Permeability.	نفاذية.
Pipe.	ماسورة (أنبوبة).

Pipe.	فجوة أنبوبة.
Pit.	حفرة.
Plaster-mould casting.	صب في قوالب مصيص.
Plastic flow.	إنسياب عجيني.
Pores.	مسام.
Porosity.	مسامية.
Porthole.	فتحة نفاذ.
Pouring basin.	حوض الصب.
Pattern plate.	لوحة النماذج / لوحة الأنموذج.
Pile casting moulds.	قوالب السباكة بالرص.
Piping.	تكون فجوات أنبوبية.
Pressure casting.	الصب بالضغط.
Parting compound.	مركب فصل.
Parting plane.	مستوى الفصل.
Parting sand.	رمل الفصل.
penetration	نفوذ / اختراق.
Penetrant.	نافذ.
Permeability number.	رقم قابلية النفاذية.
Pig iron.	حديد تمساح.

Pit mould.	قالب حفرة.
Plaster mould.	قالب مصيص.
Precision casting.	مصبوبات دقفة.
Pressure test.	تفتفش بالصفط.
Progress solidificatiaon.	تقدم التجمد.
Patterns selection.	اختفار النماف.
Pitting.	النخر.
Padding.	بطافة أو كمادات.

R

Riser.	مفذي، مصعد.
Ramming.	ذك الرمل.
Rotor.	ءوار — القلب الدائر.
Refractory brick.	طوب حراري.
Reverberatory furnace.	فرن عاكس.
Runner.	مجرى (قناة) الصب.
Rammer.	مذك.
Ramming of sand.	ذك الرمل.
Reduction.	اختزال.
Regenerator.	غرفة استرجاع.

Rod.	سبيخ — قضيب.
Ram.	رأس الكبس.
Radiographic inspection.	تفتيش بالتصوير الشعاعي.
Rapping.	لحلة.
Rapping bar.	عمود لحلة.
Riddle.	منخل.
Rotating screen.	منخل دوار.
Rate of solidification.	معدل التجمد.
Redesing for economical production.	إعادة التصميم للإنتاج الاقتصادي.

S

Sand.	رمل.
Sand casting.	الصب في قوالب رملية.
Slag.	خبث.
Scrap.	خردة.
Snap flash.	ريزق (صندوق مفصلي).
Spike.	شوكة.
Slag hole.	فتحة خروج الخبث.
Sprue.	قناة الصب الرئيسية.

Stationary pot furnace.	فرن بوتقي ثابت.
Shot plating.	قذف بالكريات المعدنية.
Sand blasting.	قذف بالرمل.
Squeezer.	ماكينة ضاغطة.
Sand slinger.	ماكينة قاذفة للرمل.
Sand packing.	كبس الرمل.
Shotting.	قذف.
Shrinkage.	انكماش.
Shrinkage cavity.	فجوة انكماش.
Silica sand.	رمل السليكا.
Soaking pit.	فرن غاطس.
Stock.	خامة.
Streams.	تدفقات.
Structure.	بنية.
Surface defects.	عيوب سطحية.
Shrink holes.	ثقوب الانكماش.
Sand analysis.	تحليل الرمل.
Sand bins.	صناديق الرمل.
Sand storage.	تخزين الرمل.

Sand control.	تحكم في الرمل.
Sand blast cleaning.	التنظيف بالسفع بالرمل.
Sand preparation.	تحضير الرمل.
Scrap metal.	معادن خردة.
Screening.	نخل أو هز.
Semicentrifugal process.	طريقة شبه الدفع المركزي.
Set-up-core.	تثبيت القلب (الدليك).
Shell moulding.	عمل القوالب القشرية.
Shake-out.	هز وتكسير (الرمل).
Shrink cavity.	فجوة أو فراغ التقلص.
Shrink rule.	مسطرة التقلص.
Shrinkage allowance.	سماح التقلص.
Silica flour.	دقيق السيليكا (مسحوق).
Snagging.	قطع الزوائد.
Sound test.	اختبار أو تفتيش بالصوت.
Split pattern.	نموذج مغروق /مجزأ/.
Step gate.	مصبب درج.
Strainer cup.	كأس مصفاة.
Sprue pin.	خابور المجرى.

Super sonic test.

تفتيش بالتذبذب فوق الصوتي.

Swabbing.

يبلل بالفرشاة.

Synthetic bonds.

مواد رابطة مصنعة.

T

Turbulence.

اضطراب.

Tumbling.

تقليب.

Trimming.

تقليم (تشذيب).

Tumbling mill.

طاحونة تقليب.

Tilting pot furnace.

فرن بوتقي قلاب.

Torch cutting.

القطع باللهب.

Tong.

ملقط.

Tuyeres.

ودنات (فتحات).

Taphole.

فتحة خروج المعدن المنصهر.

Template.

طبقة (ضبعة).

Tapered flask.

ريزق مسلوب.

Temperature resistance.

مقاومة الحرارة.

Test specimen.

عينة الاختبار.

Thermoplastic.

تلدن بالحرارة.

Thermosetting plastics.

لدائن تجمد بالحرارة.

Three-part mould.	قالب من ثلاث أجزاء.
True centrifugal.	طرد مركزي حقيقي.
Tumbling barrels.	براميل تقليب.
Tolerance.	التسامح.
Topgats.	البوابات (أقنية الصب) العليا.

V

Venting.	تنفيس.
Ventilation.	تهوية.
Visual inspection.	فحص بصري.
Volumetric shrinkage.	تقلص حجمي.
Vibrating stripping plate.	لوح سحب بالاهتزاز.
Vibrator.	هزاز.

W

Wind box	صندوق هواء.
Work table.	صينية تشغيل.
Water glass.	ماء زجاجي.
Water action.	فعل أو تأثير الماء.
Wax process.	طريقة الشمع.
Wedge	خابور.
White iron.	حديد زهر أبيض.

اللجنة العلمية:

- ١ - الأستاذ الدكتور: فؤاد عازر.**
- ٢ - الأستاذ الدكتور: جميل أبو جهجاه.**
- ٣ - الأستاذ الدكتور: محمد علي سلامة**

المدقق اللغوي: د. عبد الكريم حسين

حقوق الطبع والترجمة والنشر محفوظة لمديرية الكتب والمطبوعات





