

طريق التصنيع (2)
(سباكه المعادن)







منشورات جامعة دمشق
كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية

طراائف التصميم (2)

(سباكه المعادن)

الدكتور
فؤاد عازر
أستاذ في
قسم هندسة التصميم الميكانيكي

الدكتور
عصام موسى
أستاذ مساعد في
قسم هندسة التصميم الميكانيكي

١٤٣٥ - ١٤٣٦
٢٠١٣ - ٢٠١٤ م

جامعة دمشق



الفهرس

الصفحة

| | |
|----|--|
| 13 | مقدمة: |
| 15 | الفصل الأول: مميزات وعيوب السباكة. |
| 17 | 1.1 - تعريف السباكة. |
| 17 | 2.1 - صناعة السباكة. |
| 17 | 3.1 - مميزات السباكة. |
| 18 | 4.1 - عيوب السباكة. |
| 19 | 5.1 - أنواع المسابك. |
| 20 | 6.1 - الخطوات الأساسية للسباكة الرملية. |
| 25 | الفصل الثاني: رمال السباكة. |
| 27 | 1.2 - شكل وحجم حبيبات رمال السباكة. |
| 27 | 2.2 - المواد التي تتركب منها رمال السباكة. |
| 30 | 3.2 - الخواص العامة لرمال السباكة. |
| 32 | 4.2 - المواد المضافة إلى رمل التوالب 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 النوع. |
| 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 التساممات 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 القوالب الرملية اليدوية: |
| 69 | 1.5- العوامل الأساسية التي يجب مراعاتها عند الصهر وتنقية وصب المعدن السائل. |
| 69 | 2.5- أنواع القوالب الرملية اليدوية. |

| | |
|----|---|
| 70 | - تشكيل قوالب النموذج من قطعة واحدة ويستخدم تجويفه لأداء سدا النواة. |
| 72 | - تشكيل قالب، لنموذج يمر سطح الفصل ثم منتصفه. |
| 75 | - تشكيل قالب، لنموذج يدخل من ثلاثة أجزاء. |
| 77 | - تشكيل قالب على أرضية المسبيك باستخدام النموذج المرديسل (الشابلونة). |
| 80 | - تشكيل قالب على أرضية المسبيك باستخدام النموذج المفرود. |
| 81 | - طرائق تثبيت النواة داخل فجوة القالب. |
| 85 | الفصل السادس: تشكيل القوالب والقلوب الرملية آلياً: |
| 87 | - أهداف وميزات تشكيل القوالب الرملية آلياً. |
| 87 | - تصنيف معدات تشكيل القوالب الرملية آلياً وأالية عملها. |
| 88 | - آلات التشكيل الذي يرفع فيه الريزك عن النموذج. |
| 88 | - آلات تشكيل القوالب ذات لوح التزيع. |
| 89 | - الآلات الضاغطة العلوية والسفلية. |
| 91 | - آلات تشكيل القوالب الرملية الاهتزازية. |
| 92 | - آلات تشكيل القوالب الرملية الاهتزازية الضاغطة. |
| 92 | - الآلات القاذفة للرمل لتشكيل القوالب. |
| 93 | - صنع القلوب (النوع) آلياً. |
| 94 | - الآلات المهازة لصنع القلوب. |



المقدمة

نقدم هذا الكتاب الذي يبحث في علم طرائق التصنيع بالسباكه (علم السباكة) التي تعد محور الصناعات الهندسية فلا يمكن أن تتم صناعة ما إلا وللسباكه 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 قالب، أما السباكة أو الصب فهي عملية تشكيل جسم معدني بتصهير المعدن وصبه في قالب.

والمسبك Foundry هو المكان المخصص لإنتاج المسبوكات: وال واضح من هذه التعريف هو استخدام المعدن السائل في الحصول مباشرة على شكل الجسم في صورة مسبوكة (مصبوبة) معدنية، وتختلف المطروقات عن المصبوغات المعدنية ففي أن المعادن في الحالة الأولى تتلقى معالجة ميكانيكية كالطرق (الحدادة)، أو البرفلة، أو البثق فتشكل، وهي في حالة عجينة، من كتل معدنية سبق صبها إلى أشكال مطلوبة، بينما غالباً ما تأخذ المسبوكات شكلها النهائي عندما يتتحول المعدن المنصهر من الحالة السائلة إلى الحالة الصلبة أو الجامدة.

تصنع أجزاء الآلات بالسباكه إذا كانت أشكالها قد صممت بحيث لا تتيسر صناعتها بطرائق الإنتاج الأخرى، أو إذا كانت هذه الطرائق غير اقتصادية وينطبق ذلك على جميع أجزاء الآلات ذوات الأشكال الداخلية والخارجية المعقدة، كالقطع ذات 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 فتبوأت مكاناً مرموقاً في

صناعة الآلات، فقد وصلت عمليات سباكة المعادن إلى مراتب جديدة ممتازة فاقت ما سبقتها وقد تجلت نتائج ذلك في الإنتاج بالجملة لمسابوكات ذات الأشكال المعقدة مع الاحتفاظ بخواص ميكانيكية جيدة، وباقتصاديتها إذا مما ذكرت بطرق 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 وثاني أكسيد الكربون، وطريقة الصب بالضغط، الصب بالطرد المركزي، وطريقة الشمع المقسود وطريقة القوالب الفشرية..... الخ.

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

يتكون هذا الكتاب من سبعة عشر فصلاً مرتبة وفق طبيعة الإنتاج المسبكي.
تناول هذه الفصول موضوعات الكتاب المذكورة في فصوله السبعة عشر منهاجاً مقرراً لطلاب السنة الثالثة اختصاص الميكانيك، بكلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية بجامعة دمشق.

نأمل أن تكون 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 القلمع إلى (200 طن). وكذلك الصغيرة التي تعد أوزانها بالغرامات.
- 6 يمكن بالسباكه الحصول على مسبوكات ذات خواص عالية: كتوفر المثانه ولقمة الوزن في بعض خلائط المعادن الخفيفة التي لا يمكن تشكيلها أو الحصول عليها إلا بالصب. كما وللمعدن المصبوبة خواص جيدة تتحمل الإجهادات المختلفة.
- 7 الفائد الاقتصادية من حيث تكاليف القطع المنتجة مقارنة بغيرها من القطع المنتجة بطرق إنتاج أخرى.
- 8 بالسباكه يمكن إنتاج أجزاء آلات بأشكال مختلفة، مثل (جسم محرك السيارة، المكابس، حلقات إحكام المكابس، هياكل العربات، الأسطوانات، الدواليب، هياكل آلات التشغيل والمكابس، وعناصر سلاسل قيادة المجنزرات) وكذلك في الصناعات الخفيفة.

4.1 - عيوب السباكة:

ويمكن تلخيصها بما يلى:

- 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 الزوايا: وتحدث بالمبوكات عند سطح الفصل بين أجزاء القالب عند الأدلة نتيجة لوجود الخلوص بين نصفين القالب.
- 3 اعوجاج المسبوكات: يحدث لعدم تساوي سمكية جدران المسبوكة لذا يجب تحسين التصميم واستعمال المبردات وخاصة للأجزاء السميكة 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 سiolة المعدن بالدرجة الكافية أو عدم توجيه المعدن توجيهًا صحيحًا 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 سiolة المعدن بالدرجة الكافية وعند تجمع غازات تمنع امتلاء القالب بالمعدن.

- 6- الفقاعات الغازية: وهي فقاعات من الهواء أو الغازات التي تتكون في القالب وتبقى بالمبسوكة على شكل فراغات صغيرة موزعة بأجزاءها المختلفة، وأهم أسبابها هي عدم نفاذية القالب للغازات بدرجة كافية (شدة الرك مع تهوية رديئة للقالب)، ورداءة أنواع رمل القالب ورطوبة التواه عند وضعها في القالب وصيغ 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 المصبات والمرضوعات، 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:

آ - مسابك حديدية: وفيها يتم صب حديد الزهر (الصلب) 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 للسباكة الرملية:

تنقسم عملية السباكة 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.

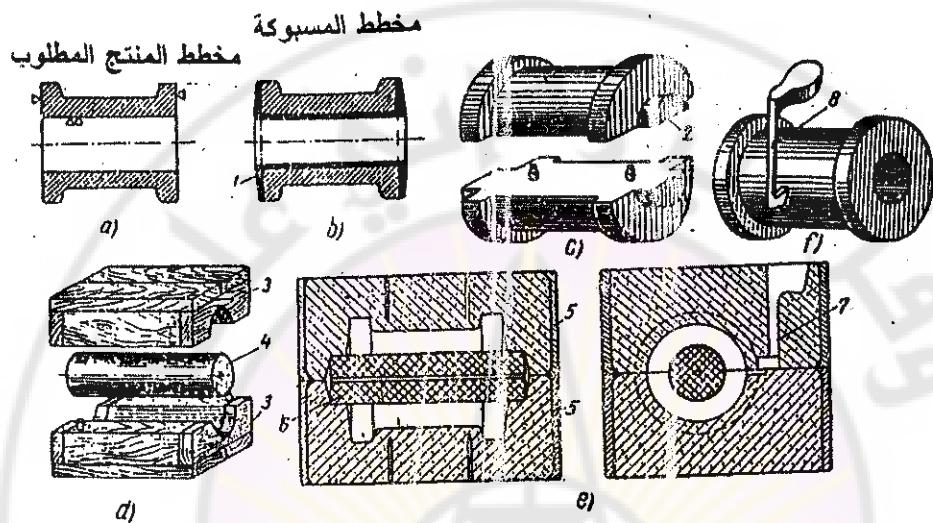
ويوضح الشكل (1.1) تسلسل مراحل عملية السباكة.



الشكل رقم (1.1) مخطط تسلسل مراحل عملية السباكة

- ١- **تصنيع النماذج:** تستخدم النماذج في أعداد القوالب اللازمة لسكب القطع المراد الحصول عليها، وتحضر القوالب بضغط كمية من الرمل الرطب حول النموذج بحيث تكون فجوة تمثل طبعة النموذج في الرمل عند رفعه، وعندما تمتلىء هذه الفجوة بالمعدن المنصهر تحصل على المسبوكة المطلوبة.
- ٢- **إعداد القلوب (النوى):** القلوب أو النوى، وهي عبارة عن أشكال تصنع عادةً من الرمل وتوضع داخل فجوة القالب لتشكيل السطوح الداخلية للمسابوكات، وعلى ذلك فإن الفراغ الواقع بين النواة وسطح فجوة القالب هو الذي يُكسب الشكل للمصبوب.
- ٣- **إعداد القالب:** تشمل صناعة القوالب جميع العمليات الازمة لتحضيرها وإعدادها لاستقبال المعدن المنصهر، فهي تستلزم كبس الرمل حول النموذج الموضوع داخل إطار معدني سائد (الريزك)، ثم سحب النموذج، فتحصل على فجوة القالب، ومن ثم وضع النواة داخل فجوة القالب، وتجمیع (الريازك) بعضها مع بعض حسب تصميم القالب وبعدها تشطیب (الريزك) العلوي وقلبه بإحكام، وعندئذ يكون القالب معداً للصب.
- ٤- **عملية الصهر والصب:** يتم تحضير المعدن المصهور في أفران خاصة ومنها ينقل المعدن المصهور بواسطة بوائق إلى مكان القوالب لصبه فيها.
- ٥- **التنظيف:** وهي جميع العمليات الازمة لإزالة الرمل والقشور والرايش من المسبوکات (المسبوکات) بعد تجمدها في القالب. أما الزوائد التي هي على شكل زعانف وأسلاك وخطوط فاصلة ومصببات المعدن فتقطع بأدوات خاصة، ويمكن إصلاح بعض العيوب في المسبوکات بواسطة اللحام، وتم جمیع هذه العمليات في قسم خاص للتنظيف.
- ويبيّن الشكل (2.1) تسلسل مراحل العمليات في إنتاج جلبة بالسباكه، في ورشة النجارة يتم صناعة النموذج (2.1-c) للقطعة العلوية حسب الشكل (2.1-a) كما يتم صناعة علبة النواة (2.1-d).

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



شكل رقم (2.1) العناصر الأساسية ل قالب السباكة

وذلك حسب رسم المسوبوك يتم (رسم النموذج)، وتكون أبعاد النموذج أكبر بمقدار التقلص للمعدن المصبووب.

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

عند صناعة القالب نضع نصف النموذج على صنيحة ونضع حولها الإطار، ثم يصب الرمل حول النموذج ويرك - ويصنع الجزء الآخر بنفس الطريقة ثم يرفع النموذج، توضع النواة في الجزء السفلي للقالب (2.1-e)، وينلق القالب بالجزء العلوي له، ومن أجل توصيل المعدن المصبووب إلى فم نفخة القالب يجهز القالب بقدوات (7) شكل (2.1-e) 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) وتنتصف المسبوكة من الرمال الملتصقة بها والزوابد 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 السباكة

- 1 شكل وحجم حبيبات رمال السباكة.
- 2 المواد التي تتركب منها رمال السباكة.
- 3 الخواص العامة لرمال السباكة.
- 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 صب المعادن الحديدية قد يحتاج الأمر إلى حوالي (4-5) طن رمل لكن طن واحد من المسبوكات وفي بعض الحالات يصل إلى (10طن) لكل (1طن) من المسبوكات، وبالرغم من استعمال القوالب المعدنية لـ الإنتاج المسبكي الحديث، إلا أن 90% من المسبوكات لا تزال تُصنع في قوالب رملية تجهز من رمل السباكة مع بعض الإضافات.

تتوقف نسبة وزن الرمل إلى وزن المعدن المصبوب على نوع وحجم المصبوب وطريقة السباكة، لذلك يجب التحكم بكمية الرمل الازمة لـ إنتاج مصبوّبات جيدة، ف قالب الرمل هو الأداة التي تشكل المسبوكة، وأن رمل السباكة الـ سرديء ينتج مسبوكات رديئة والعكس صحيح، لذلك يجب العناية الكبيرة عند اختيار وتحضير الرمل، وتستخدم عدة أنواع من الرمل في إعداد القوالب وفي عمليات السباكة ومنها: الرمل الأخضر، الرمل الإسمنتى، رمل النواة، ورمل السباكة الخاص بـ طريقة السباكة الفشرية، 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 لـ رمال 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، ويتتألف 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 الفايسنة (الشوائب) مثل CaCO_3 (كربونات الكالسيوم)، وعلى أكسيد الحديد مثل Fe_2O_3 وغيرها. فالتركيب التقريبي لرمل السباكة الطبيعية شائعة الاستخدام كالتالي:

- أ- سيليكون (SiO_2) وتتراوح نسبتها من 65-90% وزناً.
- ب- الألومينا (Al_2O_3) وتتراوح نسبتها من 3-9%.
- ج- أكسيد الحديد مثل Fe_2O_3 ،.%4.5-1.5
- د- كربونات الكالسيوم (CaCO_3) نسبتها (2.5-0.2)% وزناً.
- هـ- مغnezيا MgO وكربونات المغنزيوم MgCO_3 نسبتها (1.1-0.2)% وزناً.
- و- بوتاسي نسبتها من 1-3% وزناً.
- ز- صوديوم نسبتها من 0.1-1.5% وزناً.

وكلما زادت نسبة السيليكون 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 سيليكوني يحتوي على نسبة غضار حتى 2%.
- 2- رمل سيليكوني فقير يحتوي على نسبة غضار من 2 حتى 10 %.
- 3- رمل سيليكوني متوسط يحتوي على نسبة غضار من 20-30%.
- 4- رمل سيليكوني غني يحتوي على نسبة غضار من 30-50%.
يسمى الرمل المحتوى على نسبة غضار أكثر من 50% بالغضار.

٢.٢.١- المركبات الأساسية لرمال السباكة:

١.١.٢.٢- 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، عند التسخين، يمكن أن يتحد السيليكون مع الصودا أو البوتاسي أو الكلس وينتج عن ذلك الاتحاد مركبات السيليكون، ولهذه المركبات درجة حرارة انصهار أقل من درجة انصهار السيليكون النقية.

٢.١.٢.٢- أكسيد الألمنيوم : Al_2O_3

يتصف هذا الأكسيد بتنقله الشديد مما يؤدي إلى حدوث التشقق والكسور في قالب الرمل المجوف ولذلك يجب أن تكون نسبته محددة في رمل السباكة ولا يتعدى حدود معينة محددة في العيارات الخاصة.

٣.١.٢.٢- أكسيد 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 أكسيد الحديد في رمل السباكة يعطيه لونه المميز كاللون الأحمر والبني والأصفر، وهذه الأكسيد المختلط بالسيليكون تقوم بعمل الوسيط التماسكي. إن وجود الأكسيد 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 - المنقفيز - البوتاسي والصوديوم (الثرويات أي شوالب):
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 والتتصاقه بسطح المسبوك، لذا يفضل أن تكون نسبتها في الرمل منخفضة.

2.2.2- الغضار :Clay

(سليلات الألوميني المائية) ($AL_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$): (الكاولين)
وهي المادة الرابطة في رمل السباكة ويكون من حبيبات ناعمة جداً، ويحدُّد (من 0.01 إلى 1 ميكرون)، وتشاً المرونة والربط عند إضافة الماء لها، حيث تتشاً قوى ربط بين حبيبات الغضار وحببيات السيليلون، وبذلك 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 المتهد كيميائياً ويسبب فقداناً دائماً لقدرة الربط. ودرجة الحرارة التي تحدث ذلك تختلف بحسب نوع الغضار حيث يبدأ بدرجة الحرارة (C 400) ويكون فقدان الربط عند درجة الحرارة (C 700) وعند درجة الحرارة العالية أعلى من (C 700) يحدث في الغضار تغيرات بنوية ويتبلور من جديد ويشكل مركب المولييت.

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

3.2- الخواص العامة لرمل السباكة:

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

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

- 2 العجينة 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 عجينة الرمل عند زيادة كمية الغبار والماء.
- 3 المقاومة (المثانة) Strength: وهي تحدد مقاومة القالب، لقوى التي تحاول تحطيمه كالاصدمات التي تحدث عند تجميع القالب ونحو ذلك، وكذلك ضغط السائل عند ملء القالب بالمعدن السائل، وتزداد مقاومة الرمل مع زيادة الطمسي (الغضار) وغيره من المواد الرابطة مثل الماء (الزيستاجي)، وتتوقف المقاومة كذلك على مقاييس وشكل حبيبات الرمل. وتحت المثانة بشد عينات جافة أو ضغط عينات رطبة بأجهزة مخبرية خاصة، وتقس بالكتن/ m^2 . حسب شكل حبيبات الرمل تكون مقاومة الحبيبات الكروية أقل من مقاومة الحبيبات الصفائحية، كما أن للرمل الناعم مثانة أكبر من الرمل الخشن ويسبب زيادة عدد نقاط التماس الواحد المساحة، وكما تزداد مثانة الرمل بزيادة نسبة الرك للرمل.
- 4 النفاذية permeability: وهي تحدد قدرة الرمل والخليط الرملي على تمرير الغازات الخارجة من المعدن عند تجمده، والنفاذية العالية للرمال ضرورية لسهولة خروج الغازات وبخار الماء المتتصاعدة من المعدن عند تبریده ونجمده في القالب. تتوقف نفاذية الرمل للغازات على أبعاد الحبيبات وشكلها (بنية الحبيبات) وعلى الرطوبة وعلى نسبة المكونات من المواد الرابطة، وعلى درجة (الرك) للرمل، وإن النفاذية القليلة للرمل تسبب فجوات في المسوبكة المنتجة، ويكون لحبيبات الرمل الناعمة نفاذية أقل من الحبيبات الكبيرة الحجم، وتقل النفاذية بزيادة نسبة الرطوبة وكمية الغبار الموجود في الرمل وكما تقل النفاذية بزيادة نسبة الرك للرمل.
- 5 مقاومة الحرارة: هي قدرة الرمل على تحمل درجة الحرارة الكبيرة للمعدن المصبوب في القالب دون أن ينصهر أو يلين أو يحرق ملتصقاً بسطح

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

6- **توصيل الحرارة:** (النقالية الحرارية) يؤثر توصيل الحرارة لمادة القالب على سرعة تبريد المعدن المصوب في القالب وبالتالي على بنائه، ويتوقف توصيل الحرارة على درجة رطوبة القالب، ولذلك كثيراً ما يلزم تجفيف القوالب المستعملة لسباكه المسبوكة كبيرة من الصلب والزهر لتقليل توصيلها للحرارة، ويمكن التوصل إلى تخفيض عامل انتقال الحرارة إلى الرمل بإضافة الفحم الحجري المسحوق إليه.

7- **قابلية الانضغاط (الانكماشي):** هو قدرة رمل القالب والنواة على الانضغاط قليلاً تحت تأثير ضغط المعدن الذي ينكش بنتيجة التبريد، وفي حال عدم انضغاط القالب أو النواة تحت تأثير انكمash المعدن يمكن أن تحدث في المسبوكة شقوق. وللرمل النهري قدرة جيدة على الانضغاط وتزداد الانضغاطية بقلة نسبة الرك 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 لرمال تصنيع القوالب، والنوى تبعاً لاحتياجات المعدن المشهور والمسبوكة المطلوبة. ويمكن أن تكون هذه الإضافات ذات طبيعة مختلفة كالالياف، أو تعمل كعامل ربط وتساعد هذه الإضافات في تحسين متانة الرمل وعجি�نته وتعطي

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

٤.٢- 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 إنهاء جيداً لسطح المسوبوكات، وتحدث هذه المادة في أثناء عملية الصب طبقة رقيقة من الغاز بين سطح المسبوبة ورمل القالب، حيث يقلّوم هذا الغاز تغلغل المعدن المصهور في رمل القالب وانصهار رمل السباكة، كما أن 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% وكربوناً (1%) وفوسفوراً (0.2%) والباقي كربون.

٤.٢- المادة السوداء أو زيت الوقود:

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

٣.٤.٢- مسحوق أكسيد الحديد:

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

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

٤.٤- الديكتسرين:

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

خلال عملية صب المعدن يتتحول الديكتسرين لغاز منتجاً فجوات بين حبيبات الرمل مما يسمح بتمدد هذه الحبيبات دون تشوه. يستخدم الديكتسرين غالباً في رمل النواة بالإضافة 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 فيما عن (10%) النوع الأصفر يجب أن لا تقل نقاوته عن (85%) والرماد (1%) كحد أقصى بينما النوع الأبيض يجب أن لا يقل محتوى الديكتسرين فيه عن (65%) ومحتوى الرماد كحد أقصى (0.5%)، كما يستخدم النشاء كعامل مماثل للديكتسرين في القوالب والنواة الرملية.

٤.٥- المولاس:

هو عبارة عن سائل لزجبني شامق يستحصل عليه منتجاً ثانوياً خلال عملية تصنيع السكر، وهو شائع الإضافة لقوالب الرمل وبني المسبوكات الحديدية، إنه يعطي الرمل متانة عالية، ويعطي أيضاً قابلية تحطم الرمل بعد عملية السباكة، ولكن نظراً لزوجته 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 بتقسيمة القالب ويزيد من متانة الانضغاط بدرجة الحرارة المرتفعة وبالإحماء الأكثر تتناقص المتانة وبذلك يصبح القالب قابلاً للتحطم، ولكن نظراً لقابليته

العالية لامتصاص الرطوبة لمزيج الرمل مع مادة المولاس فلا يفضل استخدامه للمسبوكت ذات النوعية الجيدة.

6.4.2 - المواد الليفيّة:

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

5.2 - مواد الفصل ومواد طلاء القالب:

1.5.2 - مواد الفصل:

تستخدم مواد الفصل في السباكة من أجل تسهيل فصل القوالب والنوى عن النماذج وصناديق النوى. تبعاً لطريقة التوليد، 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 القشرى الطبيعي المحتوى على كربون لا يقل عن (66 %)، ومن مواد الفصل السائلة الزيت المعدنى 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 إنتهاء سطح جيد للمسبوكة، حيث تشكل مادة الطلاء طبقة كثيمة على سطح القالب أو النواة، تساعد هذه الطبقة على تجنب تغلف 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 لمقاومة الحرارة ومقاومة الجريدة لتغلغل المعدن المصهور في النوع، 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 [صلاح النوع (صمع النوع)]:

من الضروري أحياناً في السباكة أن تجمع بالمعالجين عدة نوى بعضها مع بعض قبل وضعهم في القالب، وغالباً ما تحتاج النوع لإصلاح عيوبها مثل المسامية، الشفوق... الخ، ويجب اختيار نوع المعجونة المناسب للتجميع بحيث لا يؤدي إلى عيوب في المسبوكة، ويجب أن تتصلب المعجونة في كتلة قاسية مقاومة للانصهار، وذلك عند تجفيفها وبدون أن تتفسر أو تتشقق ويجب أن تقاوم جريان المعدن بدون أن تتجرف معه، ويجب أن يكون محتواها الغازي قليلاً، تستخدمن نوعين من المعاجين:

- 1- عجينة تتالف من الغضار المقاوم للانصهار: مثل الغضار الناري ومادة رابطة مثل البتونيت أو الدكتسرين والماء، وإن المحتوى الغازي لهذا النوع عادة يكون مرتفعاً.
- 2- عجينة تصنع بوساطة المزج الجيد لسليلات الصوديوم مع مواد مثل الغضار الناري، وطحين السليكا ... الخ. والمحتوى الغازي لهذا النوع قليل.

7.2- اختيار الرمال:

يجب أن يتم اختيار نوع الرمل المناسب للفرض المطلوب وحسب نوع المصبوبة المراد تصنيعها، فذلك 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 واصد إلى المسبيك، وكذلك نسبة الرمل الجديد إلى القديم مع المحافظة على الخواص الجيدة المطلوبة للخليط.

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

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

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

١.٧.٢ - اختيار رمال قوالب الرمل الطبيعي:

يعتمد تركيب رمل السباكة على الوظائف المطلوبة منه وعلى وزن المسبوكة ونوع المعدن المصوب، 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 الملائم للمعدن المصهور مباشرةً من الرمال ذات النوعية الجيدة والمحضرة لهذا الخصوص، ويسمى هذا الرمل برمel النموذج، ولقيمة أجزاء القالب تستخدم رمال ذات خواص أقل وأرخص، وتسمى هذه الرمال برمel التعبئة. وفي الإنتاج الكمي للمسبوكات تكون الرمال موحدة ومن نوع واحد.

إن تركيب رمال القوالب التي ستجف يختلف عن تلك التي تنصب في الحالة الرطبة، فالرمل المستخدمة في القوالب الرطبة تحتوي على كمية قليلة من الغضار، بينما تحتوي رمال القوالب المجففة على كمية أكبر من الغضار.

ويضاف أحياناً إلى رمال السباكة مواد عضوية حيث تتآثر عند التجفيف وتسبب بذلك زيادة في المطواعية والفنانية.

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 حالياً نسبياً من الرواسب الفضارية 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 لمسبوكات 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 معرضًا للتلف بشكل أسرع من ثم ترداد 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 تقريراً |
|---------------------------|----------|----------------|
| 1- رمل الورشة (قديم) | 8 أجزاء | %59 |
| 2- رمل جديد | 4 أجزاء | %29 |
| 3- غبار الفحم (ناعم جداً) | 1.5 جزء | %11 |

والمسبوكات ذات السطوح الكبيرة يجب إضافة كمية من الرمل الجديد أكبر مما يضاف عادة لخلط الرمل الطبيعي للمسبوكات العامة المذكورة سابقاً، وكما يجب استعمال رمل خشن ذي قابلية أكبر للتفونية.

2.7.2- تشكيل خلائط 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 التفسر في المصبويبات 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 ولتنقیل تكون البخار بها عند صب المعدن، تجفف هذه القوالب مع العلم أن عملية التجفيف تزيد عملية الإنتاج تعقيداً وتترفع من تكاليف المسبوكات، تجفف القوالب الرملية والنوى في أفران التجفيف عند درجات حرارة (300-350°C) في أفران خاصة.

1.2.7.2- (خلائط الرمل الجاف):

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

ويوضح الجدول التالي بعض الخلطات النظامية لرميال القوالب المعدة للتجفيف حسب

حجم المسبوكةات

| حجم المسبوكةات كبيرة جداً | حجم المسبوكةات عادية وكبيرة | حجم المسبوكةات صغيرة ومتوسطة | خلط رملي من أجل: |
|------------------------------|--------------------------------|---------------------------------|--|
| %47.6 | 10 أجزاء | %55 11 جزء | %59 13 جزء |
| %47.6 | 10 أجزاء | %45 9 أجزاء | 1- رمل الورشة (قديم): 2- رمل جديد |
| %4.76 | جزء واحد | %5 جزء واحد | 3- مواد مضافة مثل النشادر أو السماد |

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

8.2 - رمال النوى :CORE SAND

نظراً للاهاطة 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 غضاربة مع نشاراة الخشب الناعمة: وتركيبها مماثل لرميال قوالب الرمل الجاف، ويستخدم في هذه الرمال رمل جديد ذو نوعية جيدة نظراً لعرضها لاجهادات 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 المثانة الرطبة مثل مولاس والدكسترين، وبذلك يمكن نقل النواة من صندوق النواة إلى فرن التحميص.

تتمتع نوى الزيت بعد التحميص ببنية 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(1.5%) زيت بذر الكتان في هذه الخلطة المولاس يعطي المثانة الرطبة وزيت بذر الكتان يعطي المثانة الجافة ودرجة حرارة التحميص هي (280-300°C) وזמן 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 لقولبة ولصناعة النوى وذلك بأقل مجهود ومهارة قليلة مع توفير بالوقت والتكلفة، لا تحتاج هذه الطريقة لتجفيف القوالب والنوى حيث تتم التقسيمة 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 وببعض 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 والفواذ وكذلك المعادن الملونة وللسبيوكات الصغيرة والكبيرة، إن النماذج المستخدمة في هذه الطبقة يمكن أن تكون من الخشب أو المعدن أو البلاستيك، وتستخدم طرق متعددة للتصلب قوالب الرمل والنوى ومنها:

9.2.1- طريقة غاز ثاني أكسيد الكربون (CO_2):

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

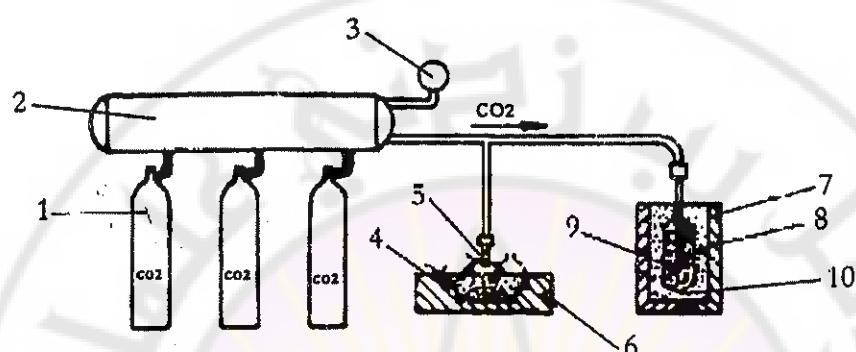
يحتاج إلى تجفيف أو تحميص ويمكن أن يُصب المعدن مباشرةً إلى فجوة القوالب، إن عملية التصلب هي نتيجة لتفاعل كيميائي يمكن تبسيطه حسب المعادلة الآتية:



إن السليكا الناتج بالتفاعل يحتوي على الماء وممثل بـ $(\text{SiO}_2 \cdot x\text{H}_2\text{O})$ والذي يطلق عليه جيلاتين السليكا ويؤدي إلى إعطاء المتنانة لرمل سليكات الصوديوم، يجب أن يكون الرمل المستخدم خالياً من الغبار وجافاً ويتم خلط هذا الرمل مع (3-5%) سليكات الصوديوم، وتنم الإضافة المناسبة مثل بودرة الفحم، نشاره الخشب، الدكسترين وذلك لإعطاء الصفات المرغوبة للرمل، والعيب الأساسي لرمل سليكات الصوديوم أنه 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 المتنانة العظمى لخليط الرمل عندما تعبر الكمية الحرجة من الغاز، وفي حالة الاستمرار بالمعالجة بالغاز أكثر فإن متنانة الربط تنخفض كما وجد أنه كمية محددة من الغاز نحصل على المتنانة 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 تحتاج 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 احتاج 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.

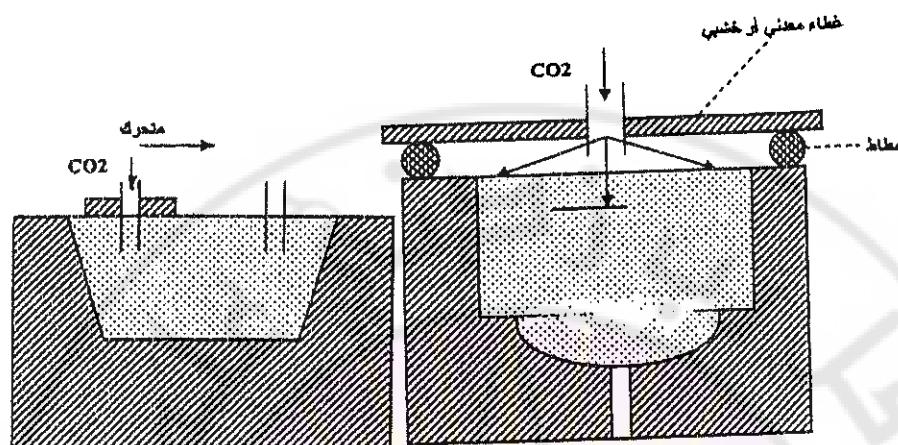


شكل (1.2) تصليد رمل القوالب بواسطة غاز ثاني أكسيد الكربون

- أسطوانة ثاني أكسيد الكربون تحت ضغط 80 بار.
- خزان وسيط يتراوح ضغط الغاز فيه (1-2) بار.
- مبين الضغط (ساعة مؤشر).
- رمل قوالب مخلوط بماء زجاجي.
- رشاش غاز ثاني أكسيد الكربون.
- صندوق القلب.
- صندوق القلب.
- فوهة مولجة.
- خبث.

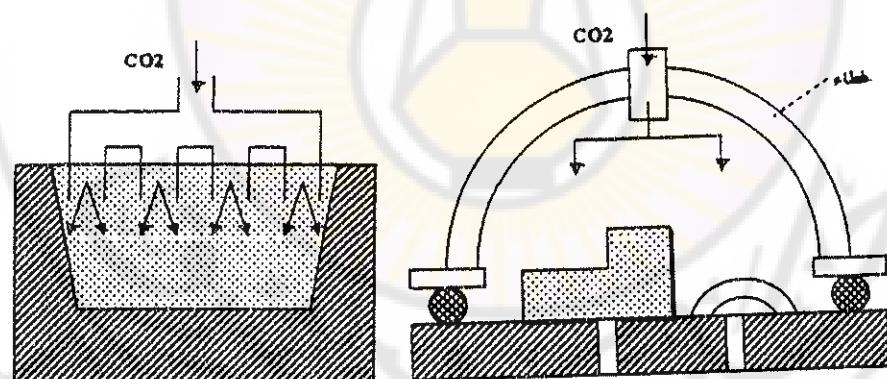
ونورد فيما يلي بعض تطبيقات توزيع غاز ثاني أكسيد الكربون من أجل تصليد النوى والقوالب:

١- تطبيق من أجل النوى (القلب):



شكل (٢,٢) لحادي الأنوب للمنحرك

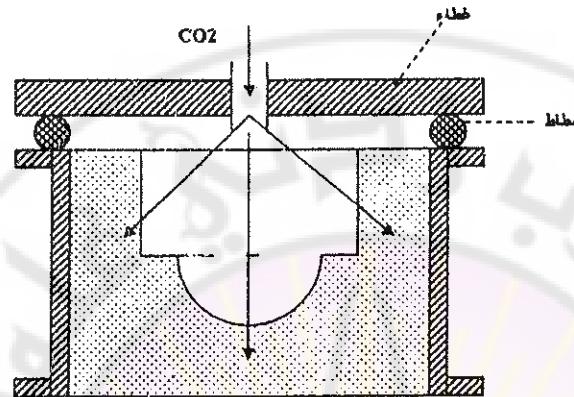
شكل (٣,٢) تفريعة ثلاثة بخطاء مع ثقوب



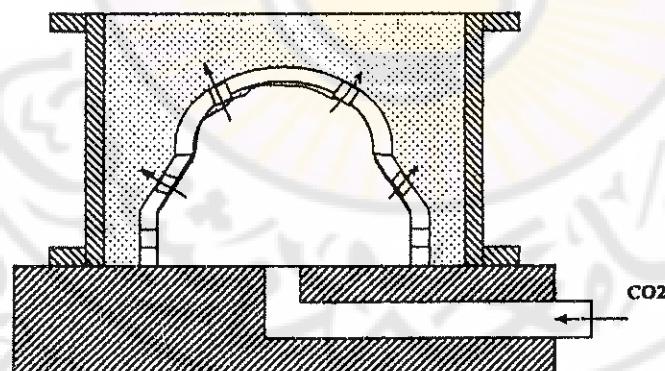
شكل (٤,٢) للتذرية بثقوب متتشعب

شكل (٥,٢) خطاء نواة خارج قلبها

٢- تطبيق من أجل القوالب:



شكل (٦,٢) تغذية للكتاب بعد زرارة تفريز



شكل (٧,٢) التغذية للكتاب من نموذج منقب



الفصل الثالث

تصنيع النماذج

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



Damascus University

تصنيع النماذج

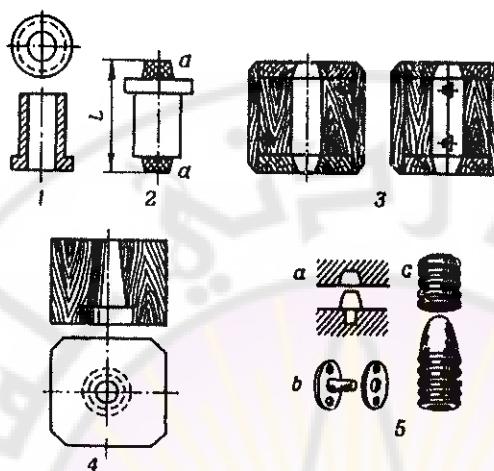
لإعداد قالب اللازم لصب المعدن نحتاج إلى نموذج يحاكي شكله الخارجي شكل المسبوكة المطلوبة، وإعداد النموذج ضروري حتى لو كان المصبوغ نموذجاً واحداً.

إن الحصول على النموذج الملائم بعد الخطوة الأولى في عمل المصبوغات. تصنع النماذج في أقسام خاصة تلحق بالمسبيك أو في ورش متصلة 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.

١.٣ - النموذج وصندوق النواة:

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

ويبين الشكل (1.3) مسبوكة جاهزة الجلبة (1) والنموذج (2) اللازم لها، ويختلف النموذج عن المسبوكة بكونه مصمتاً (وليس مجوفاً) كما أن له بروزات (a) تسمى بدليل النواة، تستعمل لتكوين طبعات في قالب لترتكز عليها النواة عند وضعها فيه، كما هو موضح على الشكل صندوق (علبة) النواة 3 حيث يتالف من نصفين، وي بين 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، وتُصنع سطوح النموذج الرأسية مسلوبة قليلاً لتسهيل إخراج النموذج من قالب، وتجعل السلبية في النماذج الخشبية عادة في الحدود من (1-3).



شكل رقم (1.3) مجموعة ختم النماذج

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

2.3 - أنواع النماذج:

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

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

ولكل نوع من هذه النماذج ميزاته الخاصة.

١.٢.٣ - النماذج المنفصلة:

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

١.٢.٣ - النماذج ذات المصب:

وتعتبر تطويراً للنماذج المنفصلة التي يغير مصب ويكون المصب جزءاً من النموذج، وباستخدام هذا النوع من النماذج تزداد سرعة عمل القوالب الازمة لانتاج كميات قليلة من المصوبات.

١.٢.٣ - النماذج ذات اللوح:

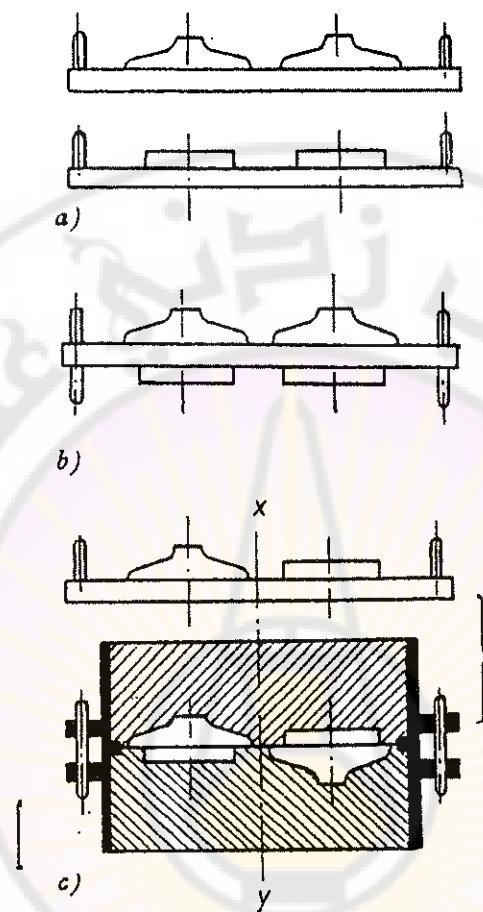
لانتاج كميات كبيرة من المصوبات الصغيرة الحجم فلذلك تستخدم نماذج ذات اللوح، ويثبت النصفان العلوي والسفلي للنموذج على الوجهين المتقابلين على لوحة من الخشب أو المعدن، وتمثل لوحة النموذج الخط الفاصل لل قالب الرملي . والشكل (2.3) يوضح أنواع لوحات النماذج.

١.٢.٣ - النماذج ذات النصفين:

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

١.٢.٣ - 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 لوحة النموذج.



شكل رقم (2.3) أنواع لوحات النماذج

- لوحة نموذج بوجه واحد.

- لوحة نموذج بوجهين.

- لوحة نموذج معكوسية

6.2.3 - النماذج الخاصة:

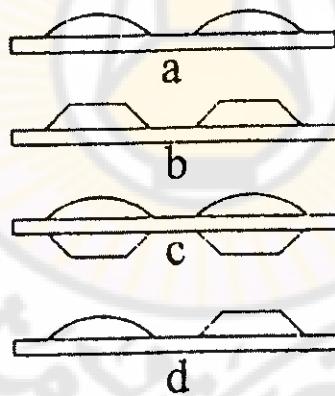
تستخدم ترتيبات خاصة في الأحوال التي تكون فيها أنواع النماذج التي سبق ذكرها

غير ملائمة، فإذا كانت المسبيكة كبيرة جداً فإنه يستحسن استخدام نموذج هيكلٍ.

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 عمرًا و ذات سطح أكثر نعومة، و ترکب النماذج المعدنية عادة على لوحة معدنية.

وترکب اللوحة وأجزاء النموذج المركبة عليها تركيباً متيناً بلوحة النموذج و يبيّن الشكل (3.3) طرق وضع أجزاء النموذج على اللوحة، ويمكن أن تكون لوحات النماذج بجهة واحدة شكل (a,b) عندما تثبت أجزاء النموذج العلوية فقط أو السفلية فقط على ناحية واحدة من اللوحة، أو بجهتين شكل (C- 3.3) عندما تثبت أجزاء النموذج بالتماثل بالنسبة لسطح الانفصال على ناحيتي اللوحة، أو عكسية شكل (d) عندما يثبت نصفا النموذج على ناحية واحدة من اللوحة بحيث يمكن أن يكمل كلّ منها الآخر عند إدارتهما 180° كما تثبت على لوحة النموذج نماذج مجموعات الخبث وقنوات التغذية وقواعد المصبات.



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

تصنع النماذج المعدنية من حديد الـزهـر (الصـبـ) الأـبـيـضـ أوـ الرـمـاديـ أوـ منـ النـحـاسـ الأـصـفـرـ أوـ منـ الـأـلـمـنـيـوـمـ وـسـبـانـكـهـ، فـالـنـحـاسـ الأـصـفـرـ صـقـيلـ وـمـقاـوـمـ لـلـعـوـاـمـلـ الطـبـيـعـيـةـ، لـذـاـ تـكـوـنـ نـمـاذـجـ النـحـاسـ الأـصـفـرـ مـقاـوـمـةـ عـنـ تـعـرـضـهاـ لـرـطـوبـةـ رـمـلـ الـمـسـبـكـ، وـقـدـ اـتـسـعـ اـسـتـخـدـامـ الـأـلـمـنـيـوـمـ وـسـبـانـكـهـ فـيـ صـنـعـ النـمـاذـجـ الـمـعـدـنـيـةـ فـيـ جـمـيعـ مـيـادـيـنـ الـمـسـبـوكـاتـ وـذـلـكـ لـخـفـةـ الـوزـنـ، جـودـةـ الصـفـاتـ الـمـيكـانـيـكـيـةـ، الـمـقاـوـمـةـ الـجـيـدةـ لـلـتـأـكـلـ.

3.3- تمييز الأجزاء المختلفة للنماذج:

لتلافي الكثـيرـ مـنـ الـأـخـطـاءـ عـنـ الـعـلـمـ فـيـ الـقـوـالـبـ تمـيـزـ الـأـجـزـاءـ الـمـخـلـفـةـ لـلـنـمـاذـجـ وـبعـضـ خـصـائـصـهـاـ بـطـلـيـاهـ بـالـأـلـوـانـ الـمـنـاسـبـةـ، وـالـأـلـوـانـ الـمـتـعـارـفـ عـلـيـاهـاـ مـنـ قـبـلـ الـعـالـمـلـيـنـ فـيـ إـنـتـاجـ الـنـمـاذـجـ وـالـمـسـبـوكـاتـ هـيـ:

— الأسود: سطوح المسبوکات التي تترك دون تشغيل.

— الأحمر: سطوح المسبوکات 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 المصبوّبات بأبعاد المطلوبة، ولكن لا يكون مطابقاً في أبعاده للمصبوّب، وللحصول على المصبوّب بأبعاده الصحيحة يجب مراعاة خواص المعدن والاعتبارات الميكانيكية عند تقدير التسامح في أبعاد النموذج، فذلك عند تصنيع النماذج يجب التقيد بالتسامحات الآتية:

٤.٣ - تسامح الانكمash : (التكلص) :

يتقلص المعدن خلال تجمده وتبریده وبالتالي نقل أبعاده (ومع أن التقلص يكون حجمياً، إلا أنه يعبر عنه طولياً)، لذا فإنه يلزم لصانع النماذج عند تحضير النموذج حسب مخطط القطعة المطلوبة سباقتها، أن يعمل على زيادة جميع أبعاد النموذج الموضوعة على الرسم بمقدار قيمة التقلص للمعدن الذي ستتطلب منه القطعة.

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

| | | |
|-------------------------|----------|----------|
| ولحديد الصلب المرن | من 1% | حتى 1.5% |
| ولسبائك الفولاذ | من 1.5% | حتى 2% |
| ومسبائلك النحاس البرونز | من 1.25% | حتى 1.5% |
| ومسبائلك الألمنيوم | من 1 | حتى 1.5% |

وتشتمل عند صناعة النماذج معايير خاصة للتقلص تسمى معايير التقلص تأخذ بعين الاعتبار مقدار التقلص.

وتوضع هذه المعايير عادة للتقلصات: 1%, 1.25%, 1.5%, 1.75%, 2%.. الخ.

مسطرة الانكمash (التكلص) :

هي التي يستخدمها صانع النماذج وهي عبارة عن مقياس خاص يعني عن العمليات الحسابية اللازمة لإيجاد مقدار التسامح في بعد معين، فمثلاً في مسطرة الانكمash ذات $1/8$ بوصة يزيد طول كل قدم عن الطول الحقيقي بمقدار $(1/8)$ 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 الانكمash 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 المعden المطلوب سبكة (صبة) هو حديد الzer الرمادي، وفي هذه الحالة يشمل التسامح الكلسي في أبعاد النموذج الأساسي المصنوع من الخشب: مقدار تقلص النموذج المصنوع من الألمنيوم وكذلك أيضاً مقدار تقلص مصبوب حديد الzer 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 المسبوكة ونوع الإنتاج فردي أم كمي، وعلى نوع المعden المصنوعة منه المسبوكة وعلى درجة تعقيد شكل المسبوكة وعلى وضع المسبوكة في القالب (حيث يحتاج السطح العلوي للمسبوكة لإضافات أكبر بسبب وجود الخبث أو الرمل الذي يطفو على سطح السائل).

جدول (1.3) تساممات التشغيل:

| سمك المعden بعد التشغيل بالمليمتر | سمك المعden بالمليمتر قبل التشغيل | أبعاد النموذج بالمليمتر | مخاليط المصبوغات |
|-----------------------------------|-----------------------------------|-------------------------|-----------------------|
| 2.4 | 3.2 | لغاية 305 من 610-330 | 1- حديد زهر رمادي |
| 3.2 | 4.8 | 305 من 610-330 | 2- فولاد مصبوب |
| 3.21 | 4.8 | لغاية 305 من 610-330 | 3- الزهر القابل للطرق |
| 4.8 | 6.35 | 157 229-153 | |
| 1.58 | 1.58 | لغاية 157 | |
| 1.58 | 2.4 | 229-153 | |
| 1.58 | 2.4 | لغاية 305 | 4- نحاس أصفر وبرونز |
| 3.2 | 4.8 | 610-330 م | 5- خلائط الألمنيوم |
| 4.8 | 8 | 915-635 م | |

3.4.3 - ميل النموذج:

هو الميل الذي يسمح به في السطوح الرأسية للنموذج من أجل سهولة سحبه من الرمل دون الإضرار بسطح فجوة القالب، والميل المعتمد للسطح الرأسية في النماذج يساوي 1/16 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 عميقа يجب أن يكون الميل أكبر تجنباً للأخطاء التي قد تترجم وتصنف النماذج المعدنية بميل (بسليبيه) (-0.5-1) درجة.

4.4.3 - التفاوت (تفاوت المقاس):

هو الاختلاف الذي يسمح به في أبعاد مصوب معين وهو يساوي الفرق بين النهاية الصغرى والكبرى لقياس التي تحتاج إلى أقل تفاوت ممكن، وقاعدة عامة يجب أن يكون التفاوت مساوياً على الأقل لنصف التسامع الخاص بالانكمash.

5.4.3 - التجاوز المسموح به الخاص بالتشوه:

تشوه أحياناً بعض المصوبات مثل الألواح المسطحة الكبيرة الحجم والمصوبات التي على شكل حر U عند إنتاجها بواسطة نماذج مستقيمة. وفي هذه الحالة يراعي عمل النموذج بحيث يكون مشوهاً في عكس اتجاه تشوه المصوب وذلك ليأخذ المصوب الشكل والحجم الصحيح.

5.3 - وظيفة النماذج:

الغرض الأساسي من النماذج هو استخدامها في صناعة القوالب، فإذا أرد إنتاج مصوب 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 كالتالي:

- 1- تشكيل فجوة لنظام صب المعدن: الطريقة العملية لتشكيل مصبوبات المعدن في السباكة تتطلب بصفة عامة أن تكون القنوات وأحواض المصبوبات الالزمه لصب المعدن في فجوة القالب متصلة بالنماذج.

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

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

4- التقليل من عيوب الصب، التي تنسب إلى النموذج: النماذج النظيفة وجيدة التصميم وذات السطوح الملساء، ضرورية للحصول على مصوبات 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 المصوب.

الفصل الرابع النواة وصناديق النواة

- 1 أهمية وظيفة النواة.
- 2 مواد صنع النوى.
- 3 صناديق النوى.



النواة وصندوق النواة

1.4 - أهمية ووظيفة النواة:

تصنع نماذج المصبوّبات البسيطة من قطعة واحدة، ولكن كثيراً ما تكون المصبوّبات معقدة تحتوي على فجوات، وأفنيّة وتنوب 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 المصبوّب التي لا يمكن صبها بواسطة النموذج، إذ أنه بسحب النموذج من القالب لا يتحد سوي محيط الشكل الخارجي للمبوب لذلك فإن تكوين التجاويف الداخلية يعتمد أساساً على القلوب التي يمكن إدخالها في التوالب المعدة للأشكال الخارجية للمبوبات.

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

2.4 - مواد صنع النواة (القلوب):

قد تكون القلوب جافة أو رطبة، وهي بنوعيها 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 كالزيروت وأنواع معينة من الدقيق والدكسترين والمولاس وغيرها، وهي التي سبق ذكرها في المواد الرابطة، تعمل المواد الرابطة على تمسك حبيبات الرمل وتكتسبه متانة ومقاومة للتآكل والانكسار، وبما أن متانة النواة تنشأ عن المواد الرابطة، لذلك يجب أن تعطى هذه المواد للرمل قابلية التحطّم بعد عملية صب المعدن المنصهر في القالب، وينشأ هذا عن تفكك المواد الرابطة أو عن احتراقها وتلاشيتها بعد تعرضها لحرارة المعدن المنصهر.

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.

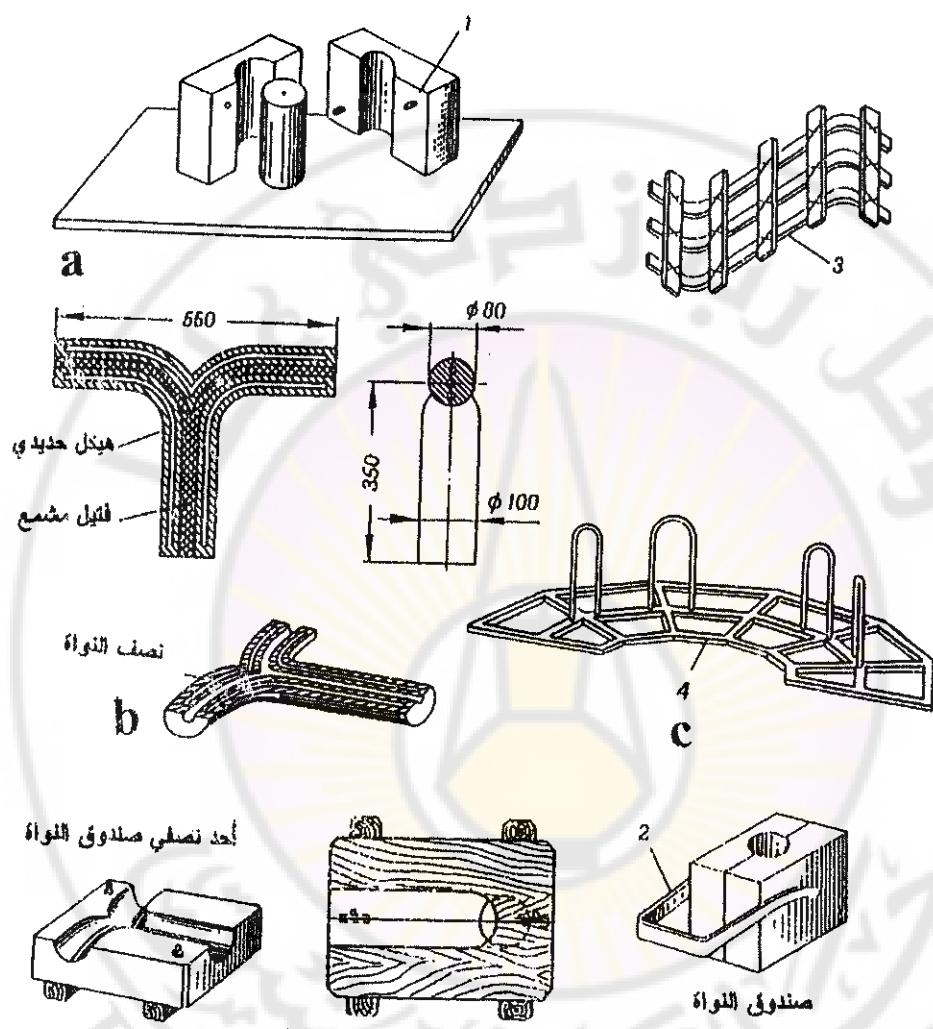
3.4 - صناديق النواة (القلوب) :Core Box

عند صب المعدن المصهور في القالب تحاط النواة من جميع الجهات بالمعدن المصهور باستثناء دليل النواة، فلذلك تتعرض النواة عند وضعها في القالب لقوى الانحناء تحت تأثير وزنها الذاتي وتحت تأثير ضغط المعدن المصهور عليها (دافعة أرخيبيس)، كذلك يجب أن تجهز النواة بحيث تكون متينة وتنعم 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 (a-1.4) حيث يتكون الصندوق من نصفين وتوصل أو تثبت بواسطة دسر وترتبط معاً بشكل جيد بواسطة قامطة (2)، ويوضع الصندوق على لوح من الخشب ويرك فيه الرمل الخاص بالنوى من الأعلى، ثم تنزع القامطة ويبعد نصف الصندوق عن النواة برفق.

وعند تجهيز النوى ذات الشكل الأكثر تعقيداً شكل (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 المعقّدة الشكل تزود هذه النوى بأسلاك تقوية بسيطة أو بهيكل معدني وأساس هذا الهيكل المعدني عبارة عن إطار حديدي ملحوظ 3 شكل (c-1.4).



شكل رقم (1.4) صندوق النواة وبعض أشكال النواة.

- نواة أسطوانية بسيطة، b - نواة مقعدة الشكل بهيكل، c - هيكل تغطية معدنية للنواة،
- صندوق النواة موصلاً بسلك النواة، 2 - صندوق النواة مربوطاً (بمقط) مضاعف،
- هيكل مسبوك من الزهر، 4 - هيكل حديدي ملحوظ 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 البيدوية

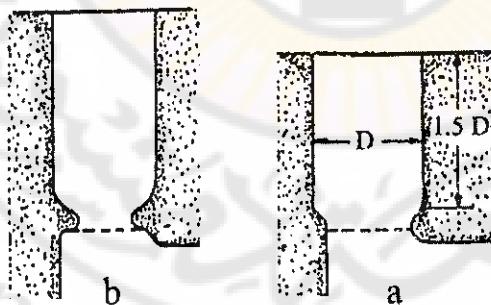
القوالب هي الوسيلة التي تتم بواسطتها في المسبك الحصول على المسبوكات المطلوبة، وللحصول على مسبوكات تفي بالشروط الاستثمارية لا بد من الأخذ ببعض العوامل التي يلزم مراعاتها عند تصميم القوالب وهي:

آ- ميكانيز تجمد المعدن:

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

تعريف المرضع (المغذي): وهو عبارة عن سستودع للمعدن السائل وهذا المستودع يقوم بتغذية المسبوكة بالمعدن خلال تجمدها ليغوص النقصان الحجمي للمعدن، ومن ثم تنتقل الفجوة من المسبوكة إلى المرضع، فإذا فالمعدن السائل ينتهي تجمده في المرضع والشرط الأساسي للمرضع أن يتجمد بعد تجمد المسبوكة.

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



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

بـ- النقل الحراري خلال التجمد:

بعد فهم عملية التجمد نستطيع أن ندرس التحكم بفجوات التخلص 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.

جـ- جريان الماء في 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 إملاء القالب حيث هذا الاضطراب يساعد على تشكيل أكاسيد وحيث وفقات هوائية في المعدن السائل ومن ثم في المسبوكة.

دـ- 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 بتعديل 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 لهاياكل 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.

وـ- 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.

١.٥ - العوامل الأساسية التي يجب مراعاتها عند صهر المعدن السائل وصبه:

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

آ- الغازات في المعدن:

تحدث المسامية في المسبوكات عادة من الغازات المنحللة في المعدن السائل تتصف بقلة الانحلال بالمعدن المصبك، (حيث تتفق انحلالية الغازات بانخفاض درجة الحرارة، وهذا تنتج فقاعات مسببة فجوات مسامية في المسبوكات، وهذه الفجوات المسامية تؤثر بشكل سلبي على جودة المسبوكات ومتانتها).

ب- التحكم بتركيب المعدن:

ونذلك بالاختيار المناسب لشدة فرن الصهر من الحرارة ومن مساعدات الصهر وذلك لاقتصادية الإنتاج والحصول على مسبوكات متينة وجيدة.

ج- الاختيار الجيد لفرن الصهر والتحكم به:

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

٢.٥ - 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 سابقاً في الفصل الثاني، لكي تصلح لأغراض التشكيل في المصبك.

ويمكن تقسيم القوالب الرملية طبقاً لنوع الرمل المستعمل في صنعها إلى ما يلى:

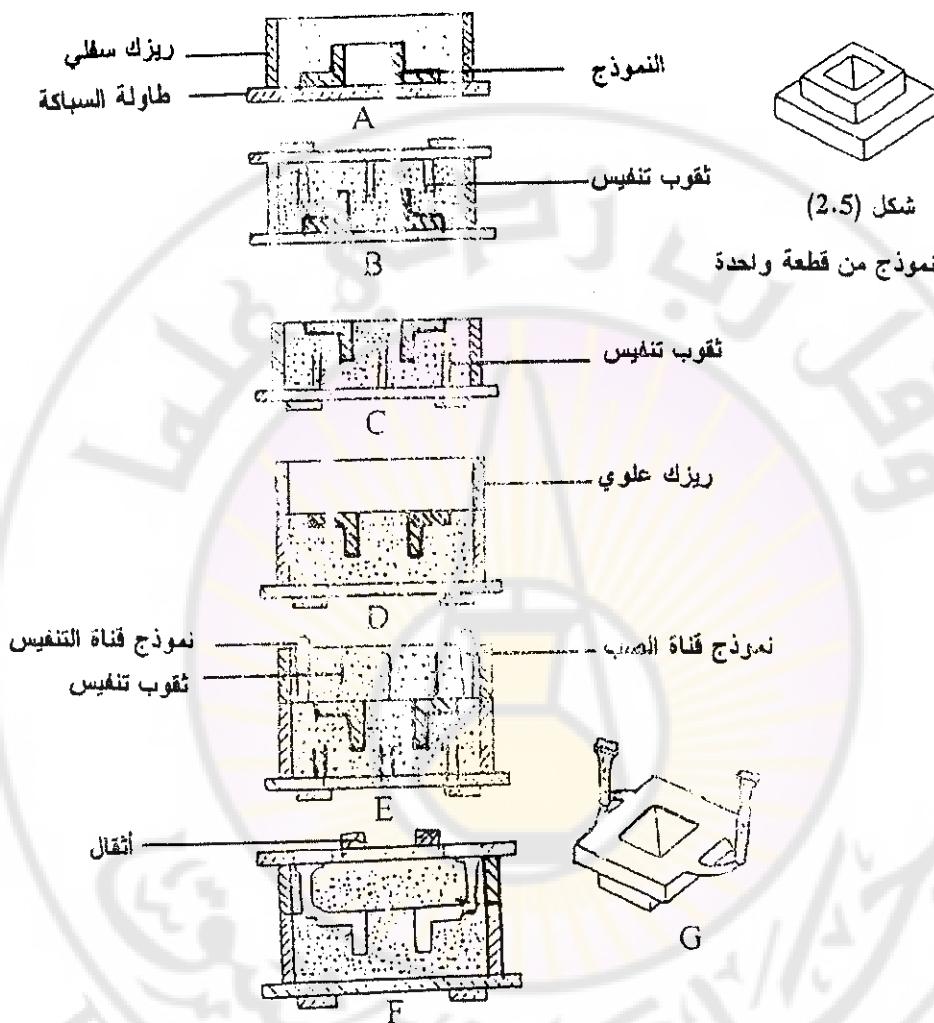
أ- قوالب الرمل الرطب (الأخضر).

ب- قوالب الرمل الجاف.

- ج- قوالب الرمل الإسمنتى.
 - 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:
- ١.٢.٥ - تشكيل قالب لنموذج من قطعة واحدة (يستلزم تجويفه لإعداد النواة):**

يبين (الشكل 2.5) المسوبوكه المراد إنتاجها، وبما أن ثقب المسوبوكه كبير وارتفاعها قليل فيمكن استخدام النموذج لانتاج النواة والقالب، يستخدم في عملية الإنتاج للقالب الرملي نموذج مولف من قطعة واحدة وشكله مماثل لشكل المسوبوكه المراد إنتاجها مع الأخذ بعين الاعتبار تسامحات النموذج التي مررت معنا ســابقاً من سلبية لاسطح النموذج الموازية لاتجاه سحب النموذج من الرمل وتسامح الانكماش.

وفيما يلي مراحل إنتاج قالب الرمل، بما هو موضح على الشكل (3.5):



شكل رقم (3.5) تشكيل قالب للموذج من قطعة واحدة ويستخدم تجويفه لإبعاد النواة

- 1- يوضح النموذج مستندًا بقاعدته الكبيرة على طاولة السباكة ومحاط بالریزك السفلي، ثم يرش النموذج وسطح الطاولة برمel الفضيل وذلك لمنع التصاق النموذج بالرمel، ينخل الرمل السباكة المحضر سابقًا فوق النموذج ويرك حتى

يملئ الريزك بالرمل ويقشط السطح العلوي للريزك وتتقب تقوب التنفس مع الانتباه أن لا تصل التقوب إلى سطح النموذج شكل (3.5 - A و B).

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

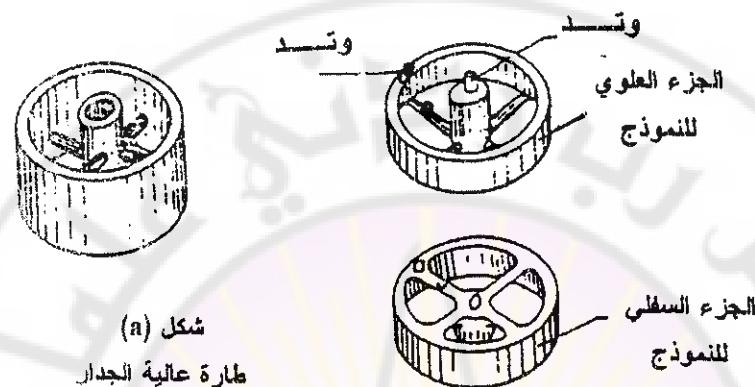
3- يفصل جزئي القالب (أي يفصل الريزك العلوي عن السفلي) ثم يلتحم النموذج بطرقات خففة بكل الجهات، ويرفع النموذج خارج القالب وترش الفجوة بالغرافيت.

4- يقل القالب ويوضع تقل 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)، ويقطع نظام الصب وتتنظف وتحرص المسبوكة.

٢.٢.٥- تشكيل قالب لنموذج يمر سطح الفصل في منتصفه:

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

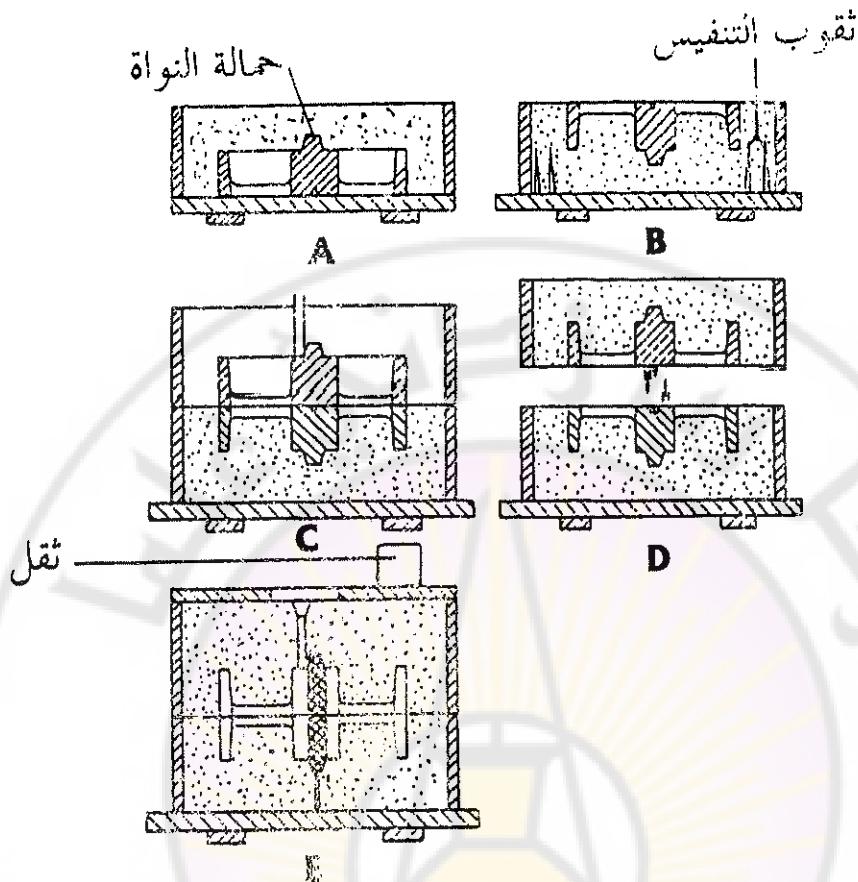


شكل رقم (4.5) مسبوكة دولاب (طارة)

ولإنتاج الثقب الداخلي للمسبوكة نستخدم نواة ويزود النموذج بحمالات نواة.

مراحل تشكيل قالب الرمل هي كالتالي:

- 1 - يوضع الجزء السفلي للنموذج على الطاولة مستنداً إلى سطح الفصل ويرش رمل الفصل ثم يملاً الريزك بالرمل ويرك، وتتقب ثقوب التفيس كما موضح على الشكل (A و B).

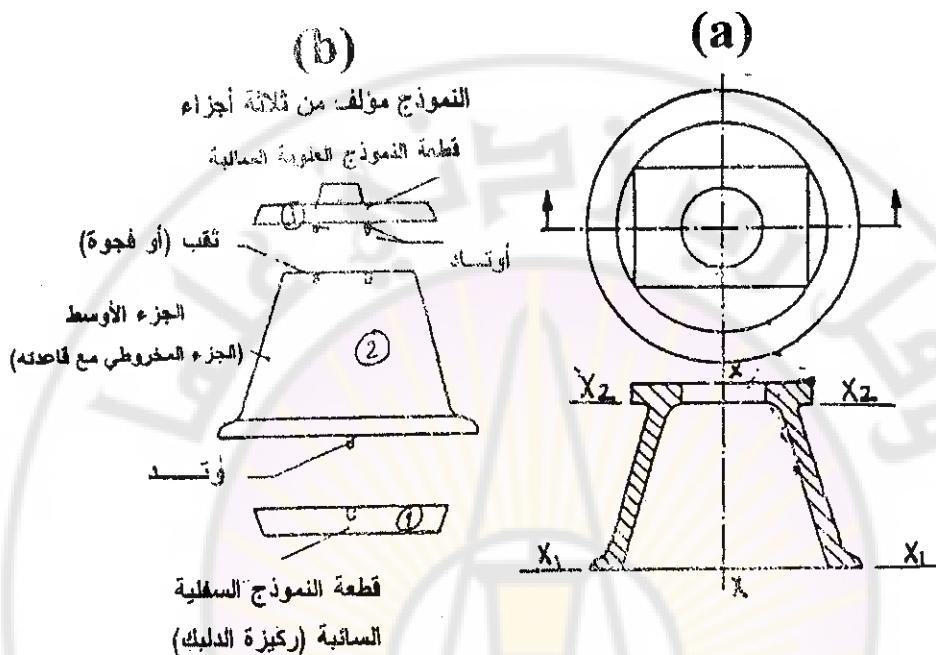


شكل رقم (5.5) قالب لنموذج يمر سطحه النصفي في وسطه

- 2 - يقلب الريزك السفلي 180° ويوضع التزء الشوكي للنموذج فوق الجسر السفلي للنموذج ويوضع الريزك العلوي فوق السفلي مع وضع نموذج قنطرة الصنبور، ويرش رمل الفصل ثم يملأ الريزك العلوي بالرمل ويحفر قاعه لنصب ويزال نموذج قناة الهب وكما هو موضح على الشكل (C-5.5).
- 3 - يفصل جزئي القالب وبطرق خفيفة يلتحم النموذج وتسحب أجزاء النموذج كما هو موضح على الشكل (D-5.5).
- 4 - توضع النواة الرملية في مكانها ويقلن القالب وتوضع أوزان فوق الريزك العلوي وبصبح القالب جاهزاً لعملية الدسـب كما هو موضح على الشكل (E-5.5).

3.2.5- تشكيل قالب لنموذج مولف من ثلاثة أجزاء:

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



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

a- مسبوكة قاعدة ماكينة، b- نموذج لقاعدة ماكينة

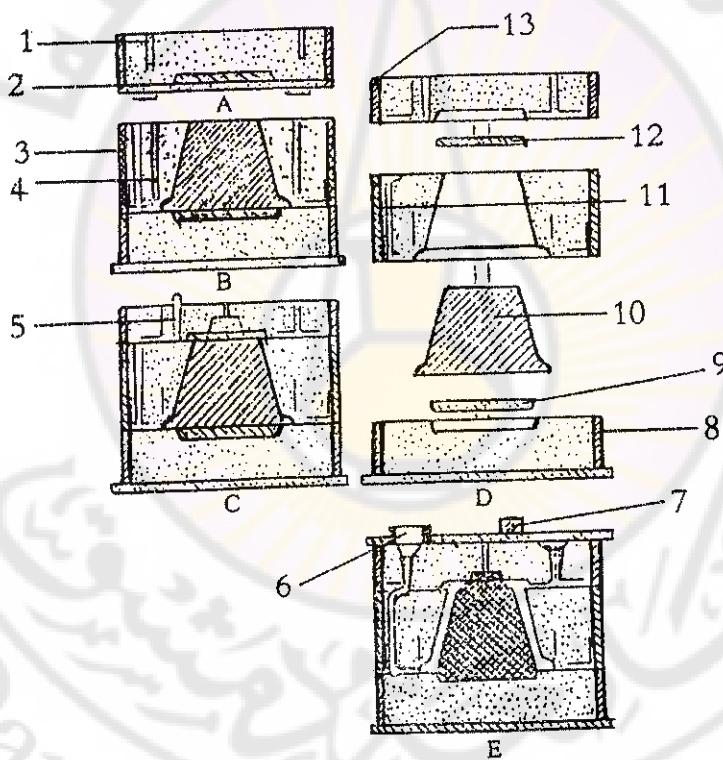
يتم تصميم النموذج المناسب للتصنيع باختيار مستويات الفصل للنموذج ومن ثم عدد قطع النموذج باختيار مستوى الفصل X ، المبينة بالشكل (a-6.5) يكون النموذج مولف من قطعتين ويمكننا إنتاج المسبوكة في وضع أفقى إلا أن في هذه الحالة النواة الكبيرة تصبح أفقية ومغمورة كلها بالمعدن المصهور ومحملة من طرفيها وهذا يؤدي إلى مسووبة في الإنتاج، لذلك يفضل أن تكون النواة وبخاصة الكبيرة ذات توضع شاقولي، وحتى تتوضع النواة شاقولياً نختار مستويين للفصل وهما: (X_1) و(X_2) ويكون النموذج المستخدم في التصنيع مولفاً 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 (6.5-6) النموذج المستخدم.

مراحل تشكيل قالب الرملني كالتالي:

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



شكل (7.5) مراحل تشكيل قالب الرملني للنموذج مولف من ثلاثة أجزاء.

1- ثقب تفيس، 2- ريزك سفلي، 3- الريزك الأوسط، 4- ثقب تفيس، 5- نموذج فناة الصب،
 6- قمع الصب، 7- نقل، 8- الريزك السفلي عند سحب قطعة النموذج، 9-10- سحب القطعة
 الوسطى للنموذج من الريزك الأوسط، 11-12- سحب القطعة السفلية للنموذج من الريزك السفلي.

٢ - يقلب الريزك السفلي 180° ويوضع 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 بالرمل ويرك وتتقب تقوب التنفس شكل (B-7.5).

٣ - يوضع الجزء الثالث للنموذج فوق الجزء الثاني ويوضع الريزك العلوي ونموذج قناة الصب وقناة التنفس ويرش رمل الفصل ويملاً الريزك بالرمل ويرك وتتقب تقوب التنفس وتقب تهوية النواة ويوسع قمع الصب وقمع لقناة التنفس، ويزال نموذج قناة الصب وقناة التنفس شكل (C-7.5).

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

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

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

تستخدم هذه الطريقة لانتاج المسبوكات كبيرة الحجم التي يتراوح وزنها من طن إلى 100 طن، فعندما يكون النموذج كبير الحجم بحيث يتعدد وضعه في الريزك يجهز القالب في أرضية المسبك ضمن حفرة تبطن بالخرسانة، وغالباً ما تستخدم هذه الطريقة لانتاج الأشكال الدورانية كالقبب 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 الشارجي

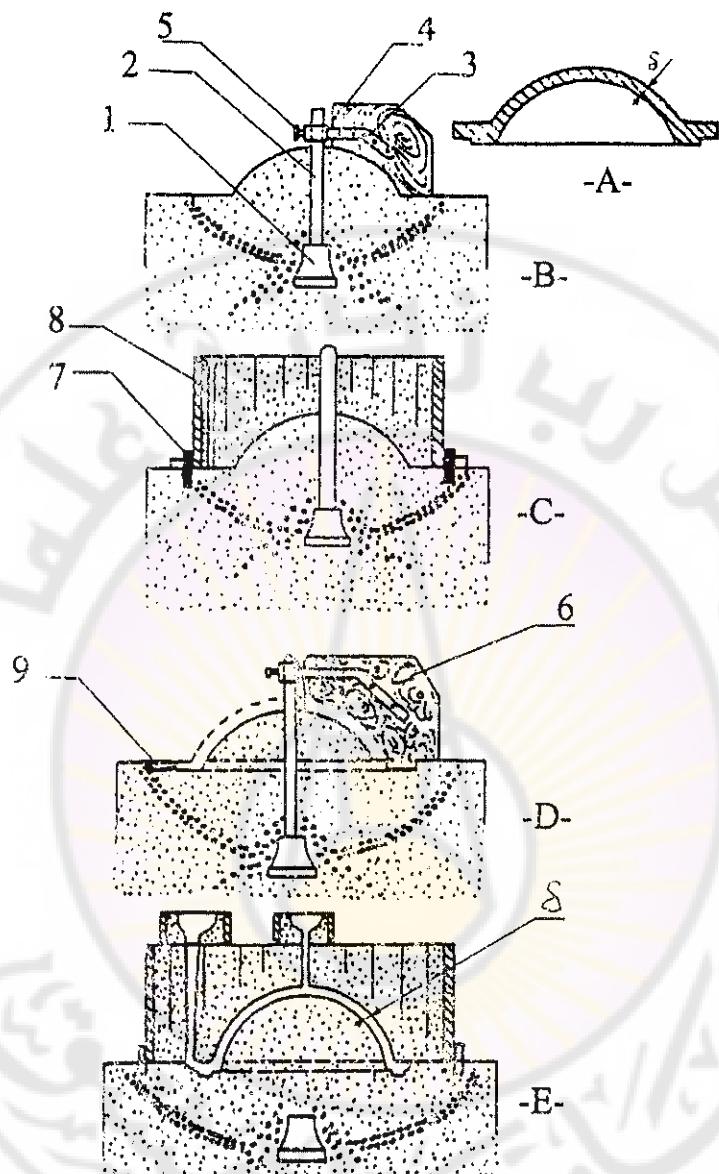
للمسبوكة، بينما النموذج الموديل (الشابلونة) رقم (6) فهي صفيحة بشكل نصف المحيط الداخلي لمسقط المسبوكة، وتكون مراحل تشكيل القالب الرملية كالتالي:

١ - يتم تشكيل فرشة 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 ويركز هذا الرمل بشكل قبة حول المحور، يوضع النموذج الموديل (الشابلونة) رقم 4 ويدار حول المحور ليقشط الرمل ويشكل السطح الخارجي للمسبوكة على رمل الأرضية شكل (B-8.5).

٢ - 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 ويركز في الريزك العلوي وتتقبق تقويب التنفس ويحفر قمع الصب ويزال نموذج قناة الصب، شكل (C-8.5).

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

٤ - يرفع النموذج الموديل (الشابلونة) (6) ويرفع المحور ويسد الثقب 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).



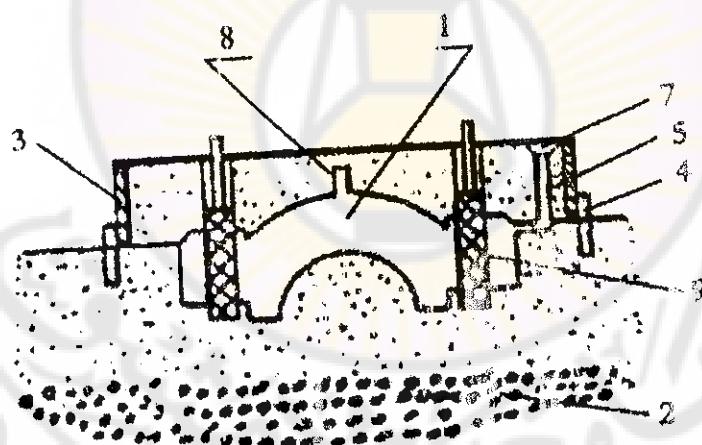
شكل رقم (8.5) تشكيل قلب لقبة على أرضية المسبك

1 - قاعدة تثبيت، 2 - محور رأسى، 3 - ذراع تثبيت الفورمه على المحور، 4 - فورمه تكوين السطح العلوي (شبلولة)، 5 - حافة زان، 6 - فورمه تكوين السطح السفلي، 7 - وتسد، 8 - الريزك العلوي، 9 - قناء التغذية، 8 - سماكة المسبوكه.

٥.٢.٥- تشكيل قالب على أرضية المسبك باستخدام النموذج المفرد:

تستخدم هذه الطريقة لانتاج المسوبقات كبيرة الحجم وذات الشكل غير دوراني وهي محاولة للطريقة التقليدية لانتاج القوالب بريزكين الا اننا سنعرض الريزك السفلي بأرضية المسبك، وبين الشكل (9.5) قالباً مشدّاً بهذه الطريقة وهو عبارة عن جسم لمضخين كبيرين، كما يمكن استخدام هذه الطريقة لانتاج الحركات الكبيرة وهي اكلال آلات التشغيل والمكابس ويتم إنتاج المضخين كالآتي:

يوضع النموذج (1) فوق طبقة من أحـ. الكوك (1)، 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 لأن يوضع في مكانه بالضبط لدى تجميع القالب من جديدة ويملا الريزك بالرمل المخصص لذلك، ويرك حسب المعتمد، يرفع الريزك بعد ذلك ويصنع فيه فتحة الصب (7) وقناة التهوية، وقناة التهوية (8)، يبلل حول النموذج ويلطخ ثم يرفع، وبعد إصلاح الأجزاء المنهارة إن وجدت وتعفيـر سطح القالب يجعل فيه النواتين (9) ويجمع من جديد ويصبح القالب جاهزاً لعملية الصب.

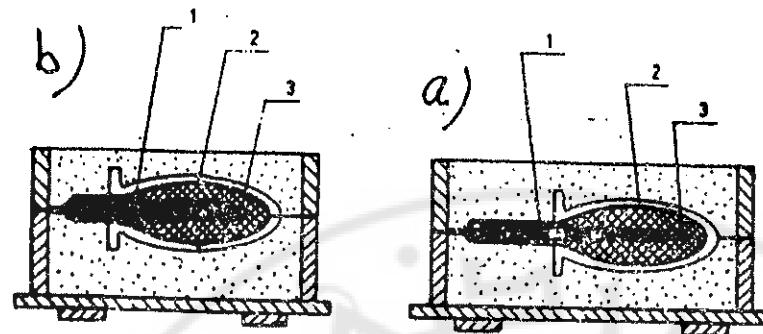


شكل رقم (9.5) تشكيل قالب رملي على أرضية المسبك لسكب مضخ عدور كبير
1- نموذج، 2- طبقة فحم الكوك، 3- ريسك، 4- أوتاد لتحديد مكان الريزك،
5- مبرقى عمود الصب النازل، 6- قناة التغذية العرضية، 7- حوض الصب،
8- الصداع (قناة تهوية)، 9- قالب (نواة).

3.5- طرائق تثبيت النواة داخل فجوة القالب:

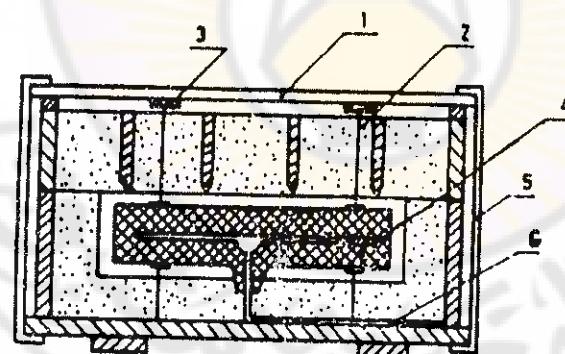
بعد تشكيل القالب وإعداد النواة يجمع القالب ونوضع النواة في مكانها المعد لها داخل القالب، فيصبح لدينا القالب الكامل جاهزاً لعملية الصب، إلا أن تركيب النواة في مكانها الصحيح والثابت لا يخلو من بعض المشاكل الفنية التي سنستعرض بعضها، حيث يؤثر على النواة لدى وجودها في مكانها في القالب وزنها الذاتي من جهة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

تحمل النواة في بعض الحالات بواسطة جوانز وأوتاد خاصة وترتبط بأسلاك وأعمدة من خلال رمل القالب، وتبيّن الأشكال التالية بعض حالات تحمل النواة.



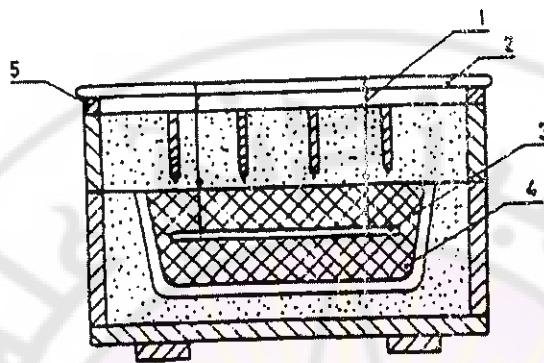
شكل رقم (10.5) بعض حالات تثبيت النواة.

- a- نواة لا تحتاج لعوامل لأن حمالة النواة كافية.
- b- نواة تحتاج لعوامل بينها وبين رمل
- 1- أعمدة تهوية وتسلیح، -2- حمالات سائدة،
- 1- دليل (نواة)، -2- دليل تهوية،
- 3- مجرى تهوية.



شكل (11.5) نواة بعوامل مع قضيب سند

- 1- قضيب لسند 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 - كلة خشبية.



الفصل السادس

تشكيل القوالب والقلوب الرملية آلياً

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



تشكيل القوالب والفالوب ملبيه آلياً

١.٦ - أهداف ومميزات تشكيل القوالب الرملية آلياً:

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

- آ- ضغط أورك الرمل في قالب آلياً.
- ب- قلب الصناديق (الريازك) الساندة آلياً.
- جـ- رفع أو سحب النموذج من قالب آلياً.
- د- مناولة قالب في وضع مقلل آلياً.

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

- ١ - بنيتها أكثر تجانساً وانتظاماً.
- ٢ - قابليتها للتفاينية أفضل بنتيجة البنية المنتظمة في قالب.
- ٣ - أكثر متانة.
- ٤ - قلة احتمال اعوجاجها أو تغيير أبعادها بسبب وزن المعدن.

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

٢.٦ - تصنيف معدات تشكيل القوالب الرملية آلياً وآلية عملها:

تصنف آلات تشكيل القوالب الرملية آلياً كما يلي:

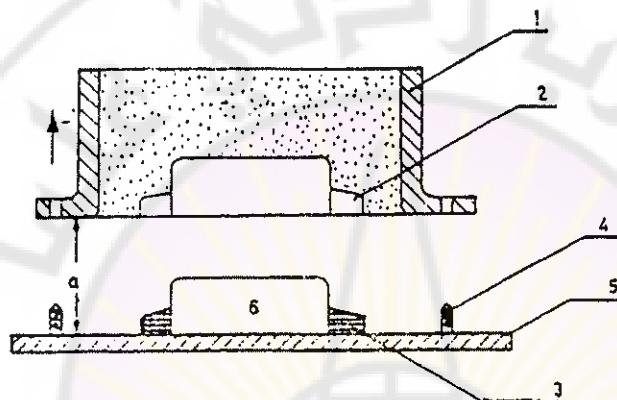
- ١ - حسب طريقة إزالة النموذج من قالب.
- ٢ - حسب الكيفية التي يتم بها ركز الرمل في قالب.

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

2.6 - آلات التشكيل الذي يرفع فيه الريزك عن النموذج:

تستخدم هذه الآلات للنمذج البسيطة الشكل والقليلة الارتفاع. والشكل (1.6)

يبين مبدأ عمل هذه الآلة:



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

1- صندوق تشكيل القوالب (الريزك).

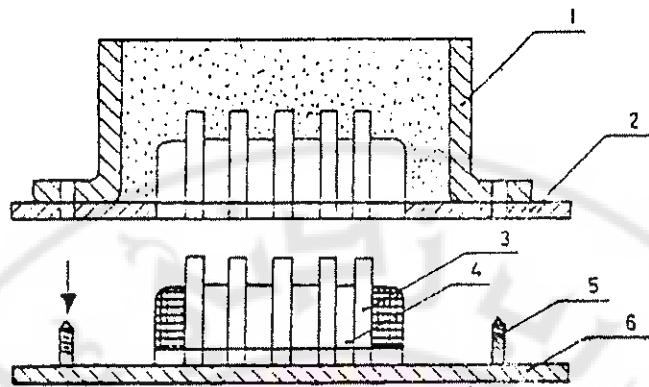
2- مواطئ القلب - مكان استناد النواة.

3- القلب أو النوى. 4- مسار تمرير وثبت.

5- لوحه نماذج، 6- النموذج، a- مسافة الرفع.

2.6 - آلات تشكيل القوالب ذات لوح النزع (سحب النموذج):

تستخدم هذه الآلات عندما يكون قالب عالي الارتفاع حيث توضع ألواح نزع بين الريزك ولوح النموذج لهذه الألواح تجاويف متساوية لمحيط النمذج، ومنذ استعمالها يتم تعويض سماكة لوح النزع بارتفاع النموذج بمقدار السماكة، بعد تشكيل قالب سحب النموذج من خلال لوح النزع أو يرفع لوح النزع والريزك عن النموذج، وعمل اللوح هو سند القالب بعد إزالة النموذج ومنع تكسر رمل القالب، ويبيّن الشكل (2.6) آلية عمل هذه الطريقة.



شكل رقم (2.6) آلة تشكيل القوالب ذات لوح النزع

- 1- الريزك.
- 2- لوح نزع.
- 3- ضلوع.
- 4- النموذج.
- 5- مسامر 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):

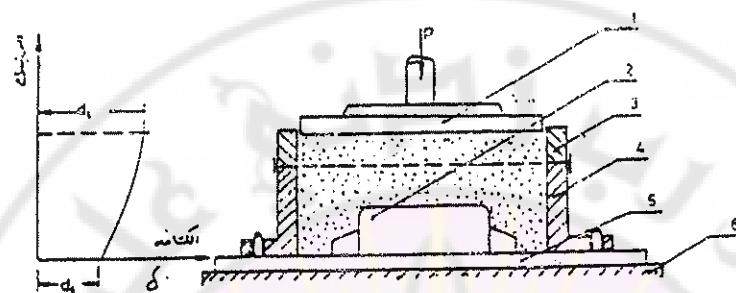
ويتم فيها ضغط رمل القالب وتكتيفه حول النموذج بواسطة قوة ضاغطة ويتم ذلك إما بالضغط العلوي أو بالضغط السفلي.

3.2.6.1 - آلات تشكيل القوالب الرملية الضاغطة العلوية:

عند استخدام هذه الطريقة يستعمل رأس أو لوح ضاغطة تتفق أبعاده مع أبعاد الريزك، حيث يضغط الرأس الضاغط على الرمل الموجود في الريزك حتى تصل كثافته إلى الدرجة المطلوبة، وتطبق قوة الضغط اللازمة لكبس الرمل إما يدوياً أو هيدروليكيأً، 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 ريزك التشكيل

إطار مساعد (إطار الماء) (3)، حيث يملاً الريزك وإطار الماء برمي السباكة ويضغط برأس المكبس (1) فوقياً، ويستمر الضغط حتى يصل السطح لرأس المكبس إلى الطرف العلوي للريزك حيث يحدث الترک المطلوب.



شكل (3.6) الكبس العلوي

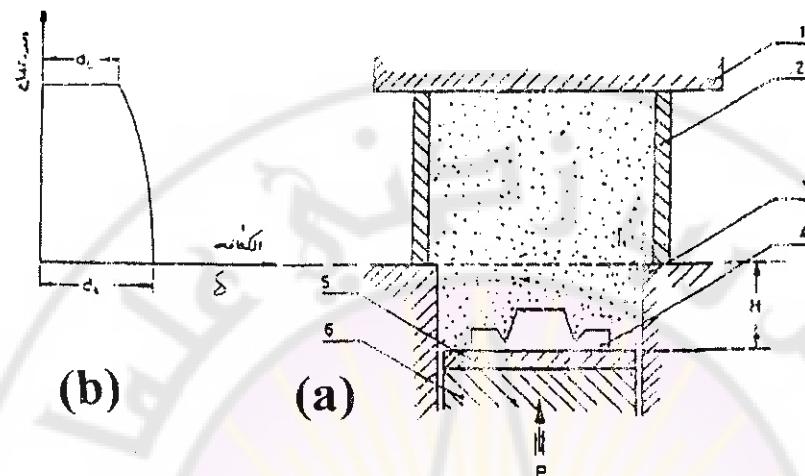
- 1- لوح الكبس.
- 2- نموذج.
- 3- ريزك تشكيل احتياطي (إطار الماء).
- 4- صندوق تشكيل القوالب.
- 5- منضدة الماكينة (الآلة).
- 6- منضدة ثابت (لوحة النموذج).

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

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 المحاط بها (3) كحركة المكبس داخل الأسطوانة وتكون لوحة النماذج قبل بدء عملية الكبس أسفل الطرف العلوي للإطار (3)، الذي يعمل كإطار ماء، يوضع رمل الريزك (2) على الإطار الثابت (3) ويسلام حيز الريزك لارتفاع (H) من الإطار لتكتيف رمل الريزك، وبعد تحريك العارضة (1) حتى تضغط على الريزك ترفع المنضدة، إلى

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



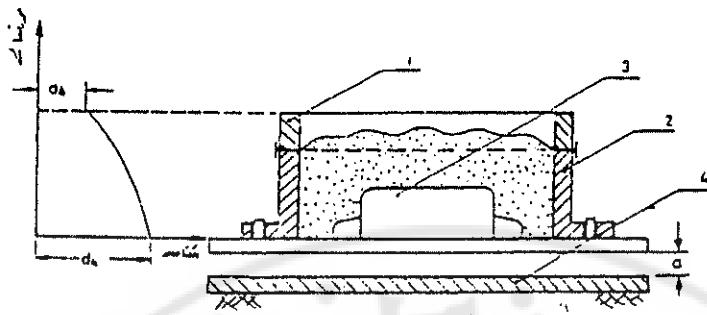
شكل رقم (4.6) الكبس السفلي

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.

٤.٢.٤ - آلات تشكيل القوالب التربيعية (المتراسية):

يوضح الشكل (5.6) آلية عمل هذه الطريقة، وفيها يوضع الرizerك المحتوى على النموذج والمركب على أوجه النماذج على منضدة الآلة المهازة وبملا بالرمل، ثم ترفع منضدة الآلة مع لوحة النموذج والنماذج ، لذا يرك 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 آلة تردد لتأخير نقلها مصتمدة بالمسند الثابت.

وعند الاصطدام بمنص الرمل، يزداد من طاقة الصدم ويكتسب طاقة حركة معينة تعمل هذه الحركة التي تتكرر على ذات الصبرة لغاية (100) مرة بالدقيقة أو أكثر، مما يسبب رك الرمل في الرizerك حول الأنماذج.



شكل رقم (5.6) آلة تشكيل اهتزازية

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

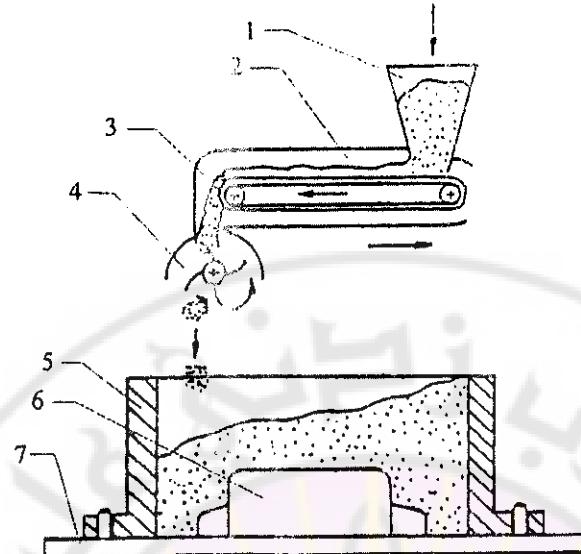
ومن عيوب هذه الطريقة تقואوت انضغاط الرمل على طول ارتفاع الريزك من ثم اختلاف كثافته وتكون أكبر كثافة للرمل تقع في قاع القالب (حول النموذج) وأقلها على الجزء العلوي للقالب ويبين الشكل (b) توزع كثافة الرمل على طول ارتفاع الريزك.

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 معبوكات كبيرة، وهي تستعمل لملاء الريزك بالرمل وتكتيفه بها بنفس الوقت ويوضح الشكل (6.6) مبدأ عمل الآلة القاذفة للرمل، يحمل المغير الناقل (2) الرمل من القمع (1) ويدفعه يسقط على شفرات مروحة القذف (4) التي تدور حول محور أفقي بسرعة عالية (1400-1600) دورة بالدقيقة، فتحول حبات الرمل المتجمعة على شفرات المروحة بفعل سرعة الدوران الكبيرة إلى كرات متماسكة تاركة مكانها من على الشفرات ومندفعه ليقذف، بها في الريزك، وتنتم عملية رك الرمل بفعل كمية الحركة التي يكتسبها الرمل من جراء عملية قذفه وتحول طاقة وضعه فتصطدم حبيباته بعضها ببعض بقوة كبيرة تكفي لارتفاعاته وتكتيفه بالريزك، حول الأنماذج.



شكل (6.6) آلة قاتلة للرمل

- 1- قمع، 2- سير ناقل شريطي، 3- رأس نادر تائف للرمل، 4- مروحة القذف،
5- صندوق تشكيل القوالب، 6- نموذج، 7- لوحة التماثل.

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

- 1- سهولة الاستخدام والمرنة 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 لعرض 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 تومن دقة كبيرة في أبعاد القلوب (النوى).

- تصنیف آلات صنیع القلوب:

تستخدَم في صناعة القلوب آلات مُختلفة الأنواع منها:

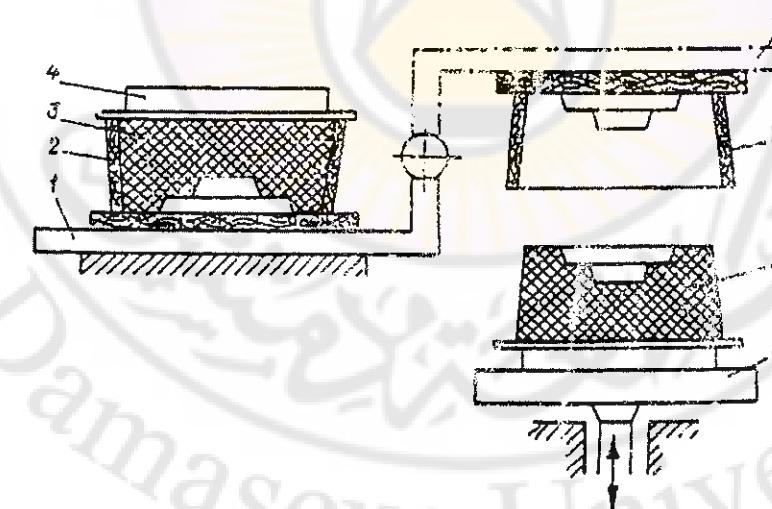
- 1- الآلات الهازرة.
- 2- الآلات الضاغطة.
- 3- الآلات النافخة للرمل.
- 4- الآلات الفاقدة للرمل.
- 5- الآلات البريمية.
- 6- الآلات الخاصة.

ومن يستعرض آلية عمل بعض هذه الآلات:

1.3.6 - الآلات الهازرة لصناعة القلوب:

يمكن بمساعدة الآلات الهازرة صنع القلوب المتوسطة وأحياناً الكبيرة وذلك فـي صناديق مانعة، أما من أجل الصناعات التي القلوب الأكبر فـيستخدم الآلات الـهازرة المجهزة بطاولة قلابة.

بعد ركـّ خليطـة الرـمل الصناعـة بالـهزـ شـكل (7.6) يدور الصندوق (2) المثبت على الطـاولة (1) مع القـلبـ المـوجـود فـيهـ (3) ولوحةـ التجـيفـ (4) بـزاـويةـ (180°)، ويـسـقـرـ على طـاـولـةـ مـسـتـقـبـلـةـ (5) بمـركـبـ القـلبـ فيـ الصـندـوقـ (2) بـوسـاطـةـ هـزـازـ مـثـبـتـ على طـاـولـةـ الـآـلةـ، يـمـكـنـ بـهـذـهـ الـسـرـقةـ الـحـصـولـ عـلـىـ قـلـوبـ ذاتـ اـبعـادـ دـقـيقـةـ إـذـ ماـ قـورـنـتـ بـعـلـمـيـةـ التـشـكـيلـ الـيدـويـ.

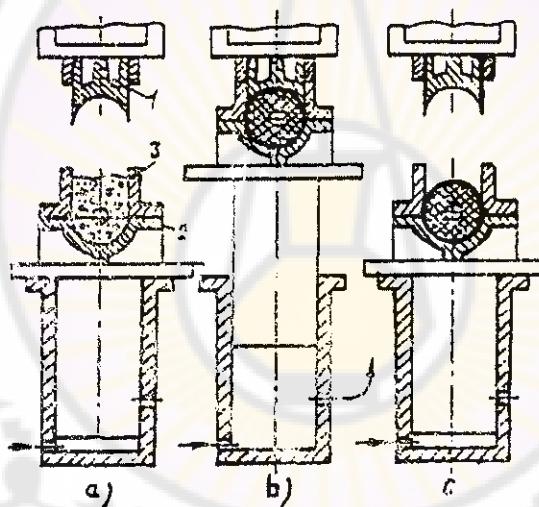


شكل رقم (7.6) صناعـةـ الـقلـوبـ بـاستـخدـامـ الـآـلاتـ الـهاـزـرـةـ ذاتـ الـمـنـضـدـةـ الـقلـابـةـ

٦.٣.٢- 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 الفدة (3) المركبة على النصف السفلي من الصندوق إطاراً للملء كما تقوم في الوقت نفسه بعمل الموجة، ويعحسب علوها استناداً إلى حجم الخلطة الضرورية للقلب.

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

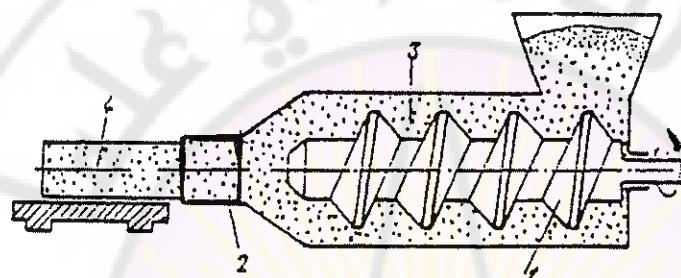


شكل رقم (8.6) صنع القلوب بالضغط.

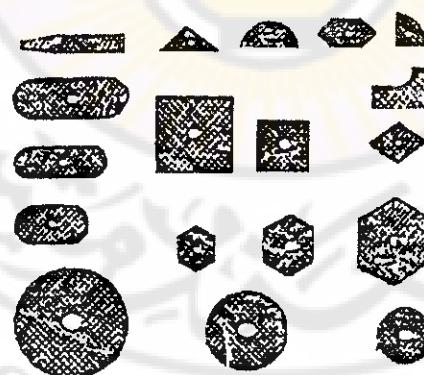
٦.٣.٣- صنع القلوب بالآلات البريمية (البثق):

تستعمل الآلات البريمية (الحازونية) شكل (9.6) في صنع القلوب الصغيرة بمقاطع متباعدة شكل (10.6)، وفيها استعipsis عن المكبس بحزون بريري (1) يقوم بدفع خليطة الرمل (3) الهاابطة من قمع الآلة، عبر فوهة تشكيل قابلة للتبديل (2) بطريقة مشابهة لمفرمة اللحم.

يدار الحزون يدوياً أو بوساطة جملة ترسوس يركب القائد منها على جذع محرك 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 وأمانة الاستخدام.



شكل (9.6) مخطط (عدد 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 تخلصها من الرطوبة وإكسابها متنانة ونفاذية جيدة للغازات، فالرطوبة الموجودة في خليط رمال القوالب والنوى تتحول في أثناء صب المعدن المنصهر فيها إلى بخار يسبب بخيبة المسبوكات، إضافة إلى ذلك فإن كثيراً من خلائط تشكيل القوالب والنوى لا تكتسب المتنانة الجيدة إلا بتجفيف المادة الرابطة.

تختلف درجة حرارة التجفيف وزمنه باختلاف حجم القوالب والنوى ونوع خليط الرمل المستخدم لتشكيلها، فبينما تجفف القوالب والنوى المشكّلة 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 متوية.

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

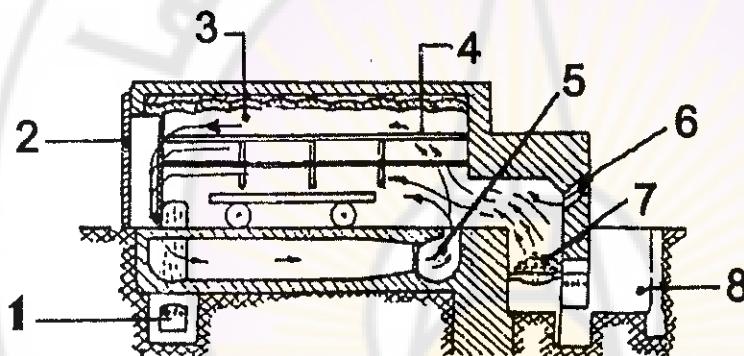
5.6- أفران تجفيف القوالب والنوى:

يستعمل في تجفيف القوالب والنوى أفران تجفيف يتوقف تصمييمها 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 أفقى، يشكل السير في الفرن عدة انعطافات تتناوّلت عندها درجة الحرارة، وفي أثناء احتياز المنضدة لمنعطفات الفرن (أقسام) فإن القلوب تسخن في القسم الأول ثم تجف في القسم الذي يليه، ثم تبرد في القسم الأخير، وتترّزع من على الرفوف.

أما الأفران الرأسية فتصعبية الاستعمال وتحتاج إلى مكننة كاملة لهذا لا تستخدم هذه الأفران إلا نادراً.

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

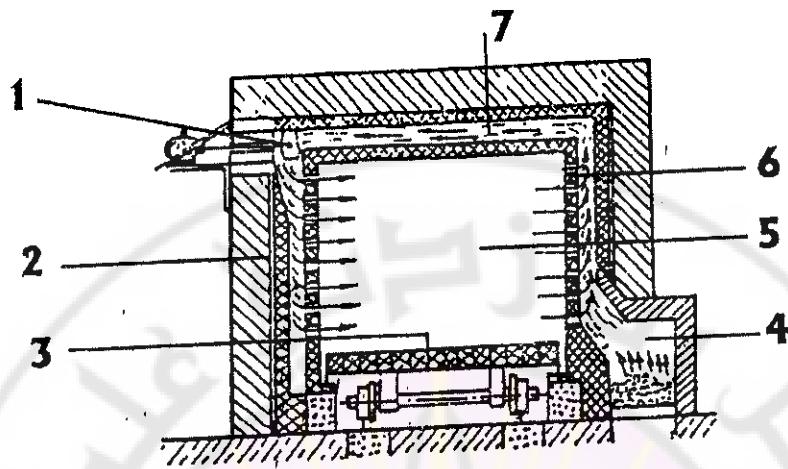
تجهز حجرة التجفيف بمروحة تدفع غازات الاحتراق الساخنة والخارجة من الموقد إلى ممر متصل بحجرة التجفيف فيجتاز عدة رفوف متقدمة توضع عليها القلوب، تسرى الغازات بعد ذلك كعادم في ممر آخر خلف الحجرة منه إلى المدخنة التي تنقلها إلى الخارج، وتعمل التقويب في الرفوف على تحسين تهوية وتسهيل عملية تخلخل الغازات الساخنة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



شكل (11.6) فرن تجفيف أفقي.

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

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



شكل رقم (12.6) فرن تجفيف.

- 1- مروحة،
- 2- جدران منقوية،
- 3- عربة الشحن،
- 4- بيت النار،
- 5- بحرة التجفيف،
- 6- قناة الدفع.
- 7- قناة للهب.

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 لوحي مكثف كهربائي، ويكون جزءاً من دارة كهربائية عالية الذبذبات، وتستغرق عملية التجفيف في هذه الحالة بضع دقائق.



GATING SYSTEM نظام المدخل

١.٧ - وظيفة وأنواع أنظمة الصب:

نظام الصب هو مجاري وأفقيه الصب النازلة والصاعدة التي ينساب خلالها المعدن المنصهر ليملأ جوف قالب، والتي يتجمع فيها المعدن المنصهر الزائد عن عملية إملاكه.

وظيفة نظام الصب:

- ١ - تأمين تغذية مستمرة مجانية وغير مضطربة للمعدن المنصهر إلى فجوة القالب، على أن تتم بمعدل تدفق مناسب وبدون فقد كبير في درجات الحرارة.
 - ٢ - التقاط الخبث أو الرمال أو المحتويات غير المعدنية ومنعها من الدخول إلى فجوة القالب.
 - ٣ - منع أو تلافي حدوث ظاهرة حت أو تأكل جدران القالب بتيار المعدن المنصهر خلال زمن امتلاء القالب.
 - ٤ - تزويد القالب بالمعدن المنصهر في أثناء عملية التجمد والتخلص المرافق.

أنواع النظم المطب:

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

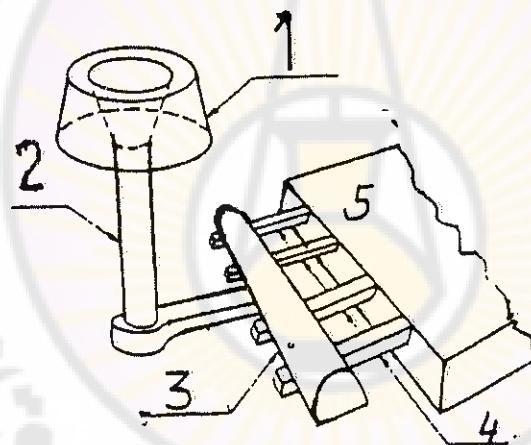
- ١- أنظمة الصب الأفقية، وبموجبها يندفع المعدن إلى فجوة قالب عند مستوى أفقى.
 - ٢- أنظمة الصب الرأسية أو الشاقولية، حيث يدخل المعدن المنصهر طبقاً لهذا النوع إلى فجوة قالب محاذياً لمستوى شاقولي.

2.7 - أجزاء نظام الصب:

يتتألف 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 لل قالب بالمعدن المصهور.

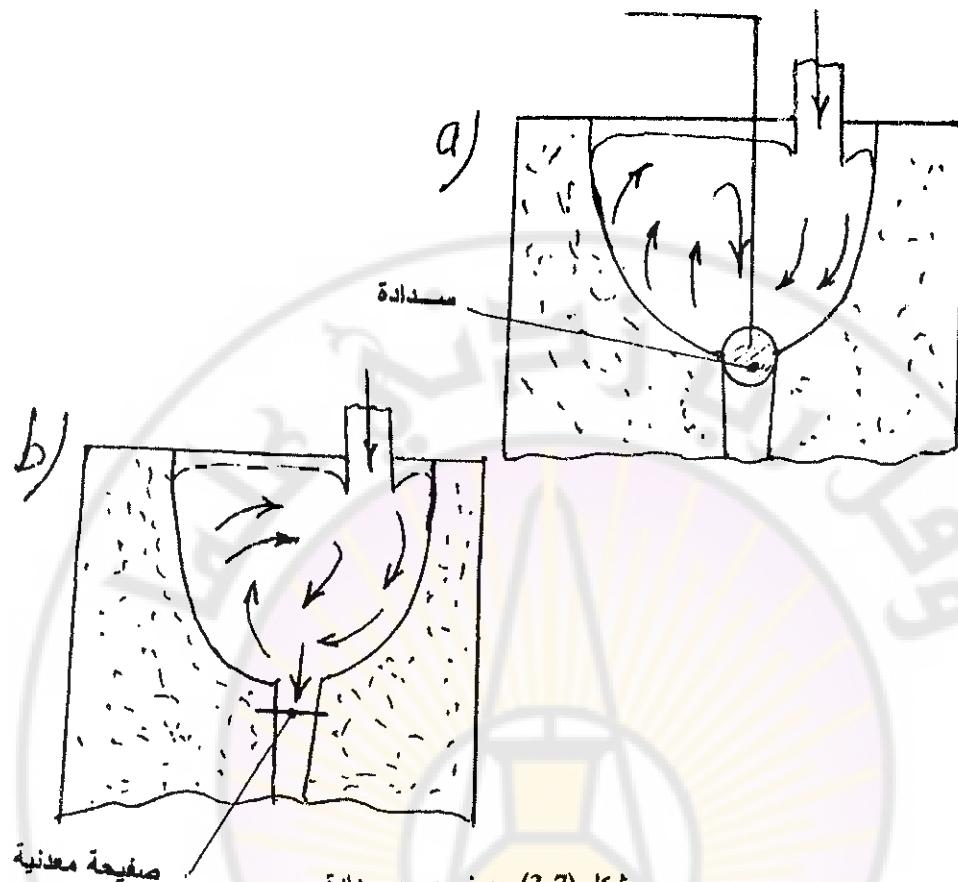
يصمم حوض الصب بحيث تولد به دوامات لاحتجاز الخبث ومنع سقوطه إلى داخل فجوة القالب، ولكي يحجز الشوائب يجب أن يكون حوض الصب ممتلئاً دائماً بالمعدن، والشكل رقم (2.7) يبين حوض الصب وحركة جريان المعدن ضمنه.



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

ولضمان حوض الصب ممتلئاً تستخدم إحدى الطرق التالية:

- أ - يمكن استخدام حوض صب مغلق بواسطة سدادة مربوطة بسلاك ترفيء هذه السدادة بعد امتلاء حوض الصب كما بالشكل (2-3.7-a).



شكل (3.7) حوض صب بسدادة

a - بواسطة سدادة بشكل كرة مربوطة بسلاك.
b - بواسطة صفية معدنية.

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

2.2.7- قناة الصب الرئيسية (القناة النازلة):

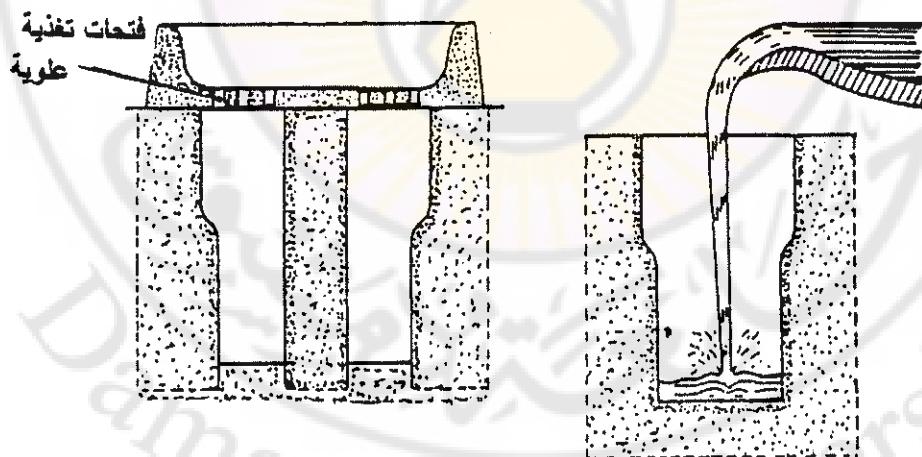
وهي عبارة عن قناة رأسية، غالباً ما تكون على هيئة مخروط ناقص مسلوب إلى أسفل بنسقية تتراوح بين (4-6%) وهي تصل بين حوض الصب ومجمع الخبث، وفي حالة القوالب ذات الارتفاع الكبير تستعمل قناة الصب متدرجة لتقليل أثر سقوط المعدن، وسيتم توضيح تصميمها لاحقاً.

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 مثلثة للโลاءز وحديد الصلب والبرونز أو مستطيلة لسبائك الألミニوم وعمل فتحات التغذية هو تزويد فجوة القالب بالمعدن المصهور وتوزيع المعدن توزيعاً جيداً بدون اضطراب في جريان المعدن وبدون فقد كبير في حرارة المعدن وتقسم فتحات التغذية لأنواع الآتية:

3.2.7.1 - فتحات التغذية العلوية:

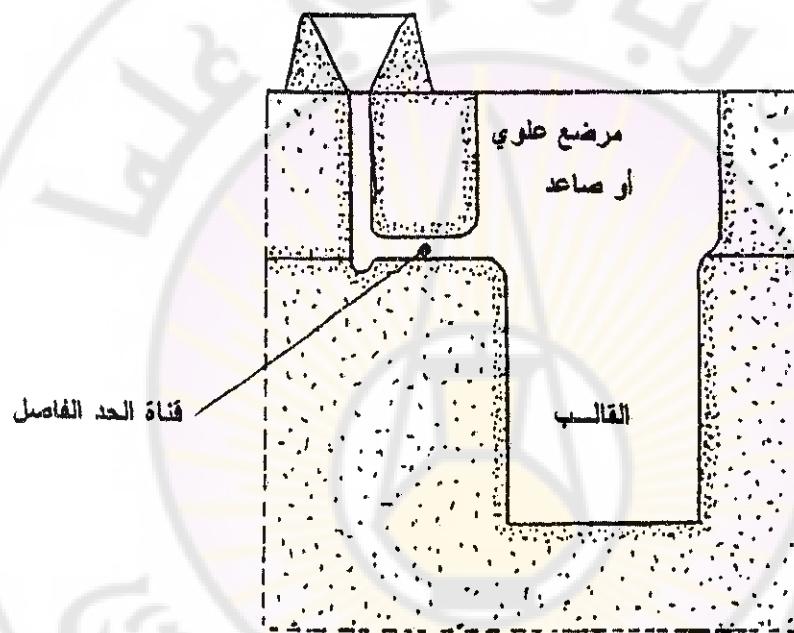
وفيها يصب المعدن مباشرة في فجوة القالب من قنوات علوية وهذه الطريقة يمكن استخدامها للقوالب الصغيرة ذات التصميم البسيط أو للمسياوكات الكبيرة ذات القالب المقاوم للحث والتآكل نتيجة سقوط المعدن السائل عليه من ارتفاع كبير نسبياً في لحظة السقوط، لأن المعدن المصهور المتتساقط سرعان ما يشكل وسادة للمعدن السائل الساقط، ولكن ينتج لدينا اضطراب بالمعدن لذلك يفضل استخدامها للمعدن قليل التأكسد وذي القابلية القليلة لانحلال 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 تُصبح ظاهرة الحث واضحة المعالم، والشكل (5.7) يوضح إحدى هذه القنوات الفاصلة.



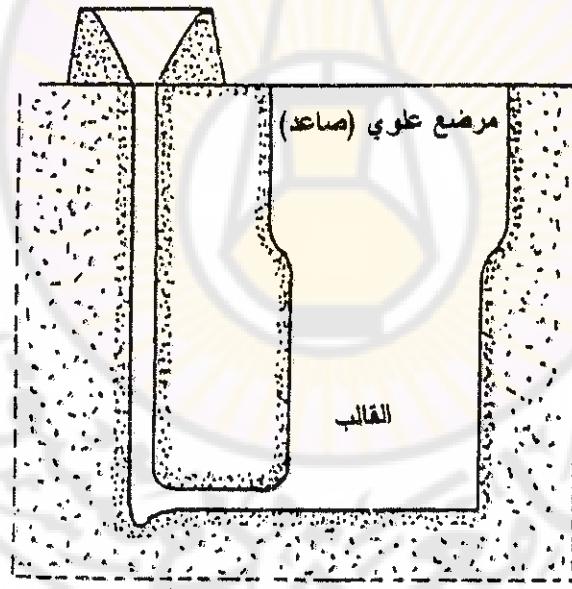
شكل (5.7) قنوات الحد الفاصل

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 المرسخات العلوية حيث يفقد المعدن قسم كبير من حرارته قبل أن يصل إلى المرسخ، من ثم يتجمد المعدن في المرسخ قبل

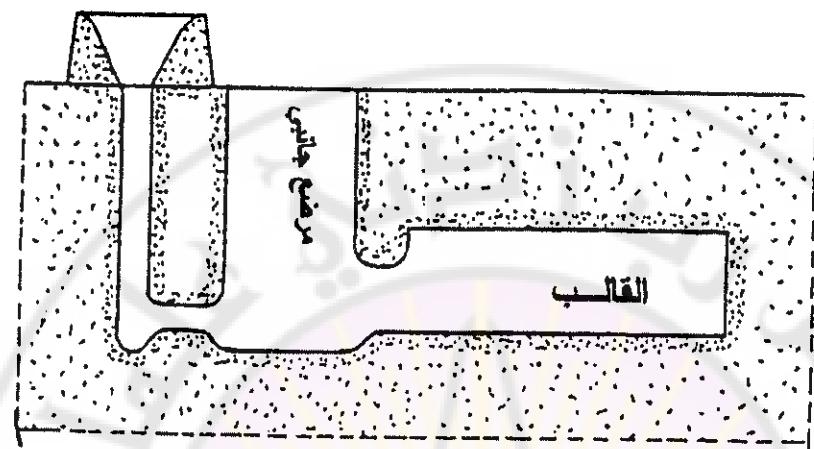
المسبوكة ويفقد المرضع وظيفته وتتشكل فجوة كبيرة في المسبوكة، والشكل (6.7) يبين قناة تغذية سفلية مع مرضع علوي.

تفصل قنوات التغذية السفلية مع المرضعات الجانبية حيث تسخن جدران المرضع لشاء جريان المعدن خلالها ويفضل أن يكون المرضع الجانبي لوليبي (سابدي) وبذلك تتشكل دوامة في المرضع وهذه الدوامة تجمع خبث المعدن، وتحسين جريان المعدن يصبح تقر طفيف في أسفل المرضع حيث يتجمد بهذا التقر المعدن ويعمل التقر كحوض تغذية للمعدن وكذلك نصنع تقر طفيف في قنة الصب الرئيسية التي تعمل كوسادة للمعدن الساقط.



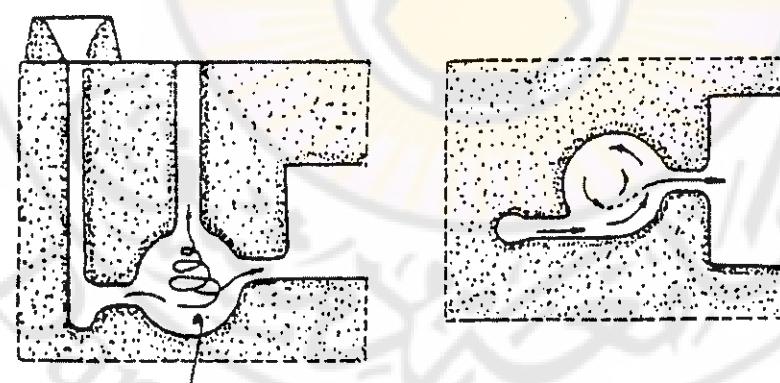
الشكل (6.7) قناة تغذية سفلية مع مرضع علوي

ويبيّن الشكل (7.7) قناة تغذية سفلية مع مرضع جانبى



الشكل (7.7) قناة تغذية سفلية مع مرضع جانبى

ويبيّن الشكل (8.7) قناة تغذية سفلية مع مرضع جانبى لولبى (نابذى)

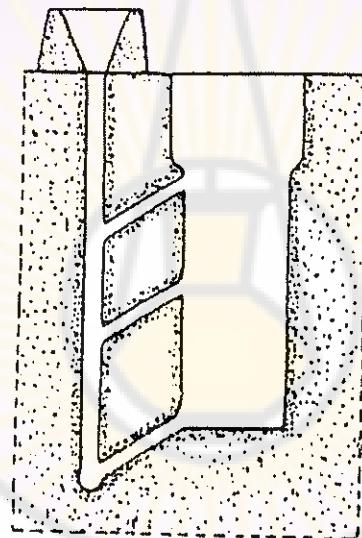


شكل (8.7) قناة تغذية سفلية مع مرضع جانبى لولبى (نابذى)

4.3.2.7 - قنوات التغذية المدرجة:

تستخدم القنوات المدرجة للاستفادة من مميزات القنوات السفلية وتجنب سلبياتها حيث يتدفق المعدن المنصهر من القناة الأولى حتى يمتلي 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 المرضع العلوي، وللتغلب على عطالة المعدن تصنع القنوات المدرجة بميل نحو الأعلى لزيادة المقاومة على جريان المعدن (أي يجعل القناة ملأى) وهذا تعمل القنوات بصورة أفضل، والشكل (9.7) يوضح إحدى هذه القنوات المدرجة وتستخدم عادة للمسبوكتات كبيرة الارتفاع.



شكل (9.7) مخطط قنوات التغذية المدرجة

3.7 - تصميم نظام الصب:

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

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

- سمكية جدران المسبوك.
- شكل المسبوك.
- حجم المسبوك الطولي.
- وزن المسبوك.

ويقى في تصميم أنظمة الصب في المقام الأول الدراسة الأولية لسريان المعدن في المجاري الرئيسية والأفقية لهذه الأنظمة، وتقى هذه الدراسة باستخدام قانون ثبات التدفق ومعادلة برنولي.

١.٣.٧ - طرائق حساب نظام الصب:

تحسب أبعاد نظام الصب على مرحلتين:

١- حساب المقطع العرضي لفتحات التوزيع (أصغر مقطع عرضي) F_z .

٢- 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:

تحسب حسب القوانين الهيدروليكية لكمية السائل G_0 المارة في زمن قدره (t)

عبر قناة مقطعيها العرضي f وبسرعة قدرها v بالعلاقة:

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

وتحسب 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:

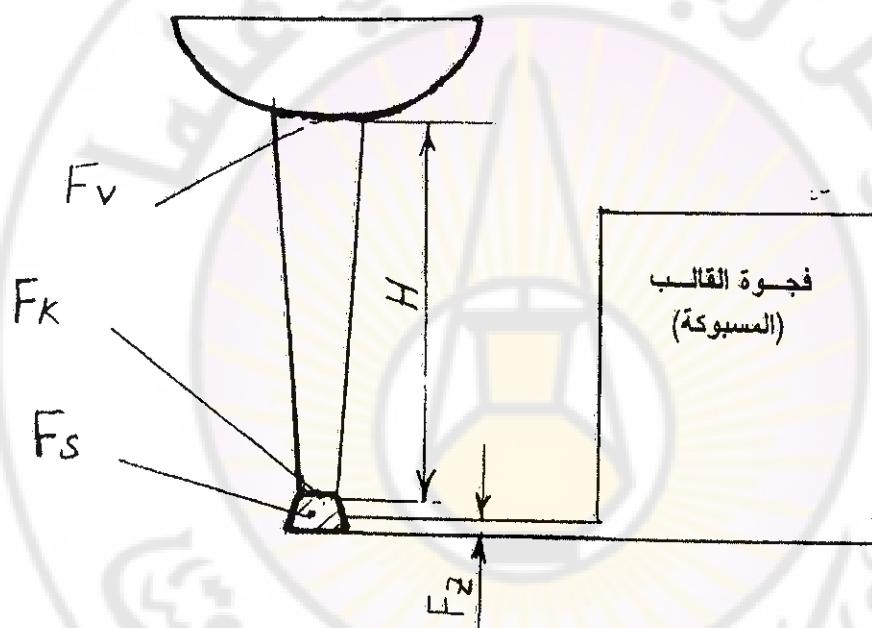
- المقاطع العرضي للسائل F_1 في الانحناءات يتناقض ويعطي بالعلاقة:

$$F_1 = \alpha \cdot F$$

. α - عامل تناقض المقاطع العرضي < 1

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

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



شكل (10.7) المقاطع العرضية لعناصر نظام الصب

- المقاطع العرضي لفتحات التوزيع.

- المقاطع العرضي لمجمع الخبث.

- المقاطع العرضي لقناة الصب الرئيسية في أدنى مقطع لها.

- المقاطع العرضي لقناة الصب الرئيسية في أعلى مقطع لها.

- ارتفاع قناة الصب الرئيسية.

وذلك بسبب المغاید الناتجة عن الاحتكاك وتغيير الاتجاه.

$$V_1 = \varphi V$$

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 والقوسات، وشكل وتعقيد المسبوكة ... إلخ.

لذا يمكن كتابة المعادلة كالتالي:

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

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

عندما تصبح العلاقة:

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

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

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

حيث أن

$G = [kg]$ - وزن المسبوكة بما فيها المرضعات ونظام الصب.

μ = عامل المقاومة ويعتمد على نوع المعدن (حديد صلب، فولاذ - معادن ملونة).

β = 0.31 للفولاذ وحديد الصب.

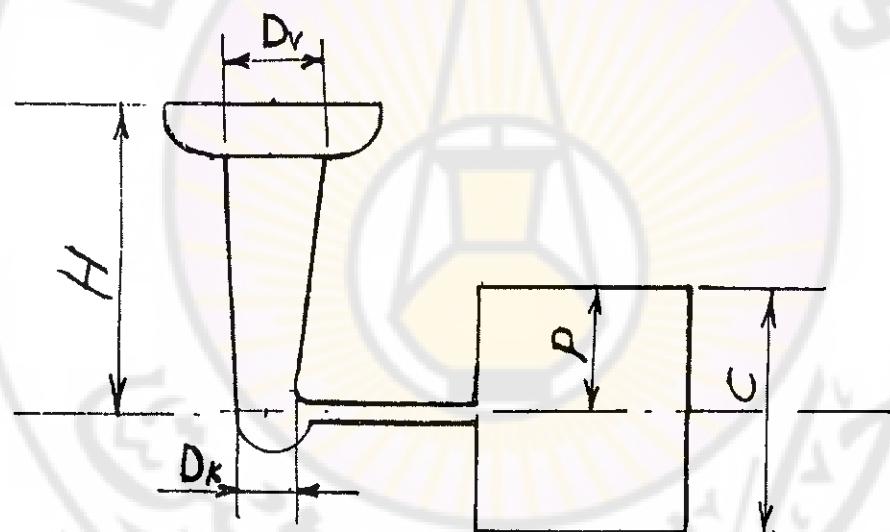
β = 0.33 للبرونز.

β = 0.1 للألمنيوم.

بحسب الضاغط الفعلي H_p من العلاقة:

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

حيث يوضح الشكل (11.7) هذه الأبعاد.



شكل (11.7) لحساب الضاغط الفعلي H_p

ويحسب زمن الصب (t) من العلاقة:

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

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 ملائماً، 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 بالنسبة 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

- مسبوكات الألمنيوم

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

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

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

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

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):

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

- يحسب زمن الصب من العلاقة: a

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

b-ختار $\mu = 0.5$

c-حساب H_p (الضغط الفعلي).

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

في المسبوكة هذه $C = P$

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

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

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

- يحسب المقطع العرضي F_s لمجمع الخبث من العلاقة:

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

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

- يحسب المقطع العرضي لقناة الصلب في أسلف نقطة لها F_k :

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

ويحسب قطر قناة الصلب الرئيسية:

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

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

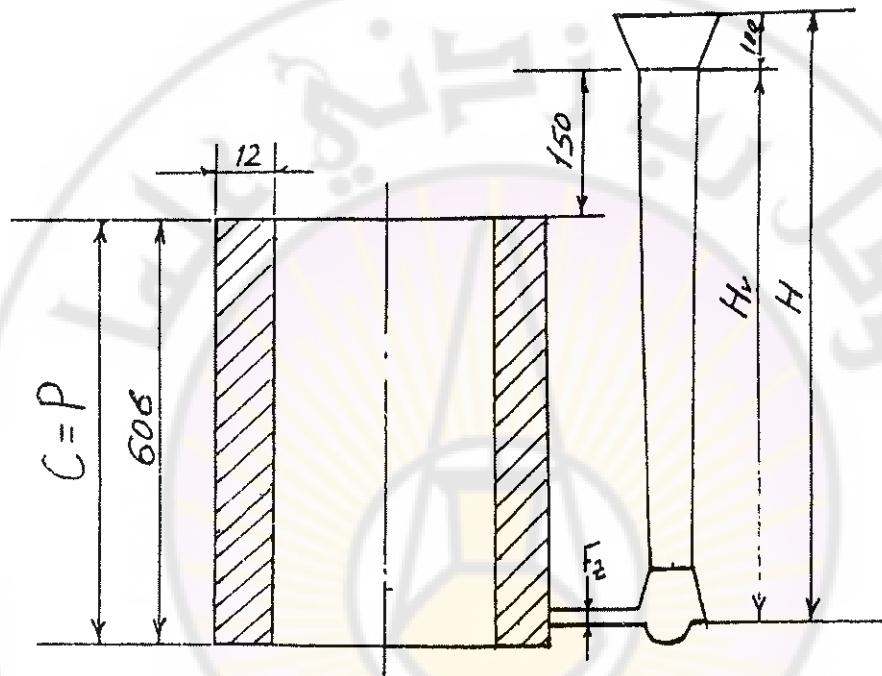
قطر قناة الصلب في أعلى نقطة لها: يحسب من العلاقة:

$$D_v = \Delta H_v + D_k$$

حيث: Δ مخروطية قناة الصلب، ونعتبرها 4%

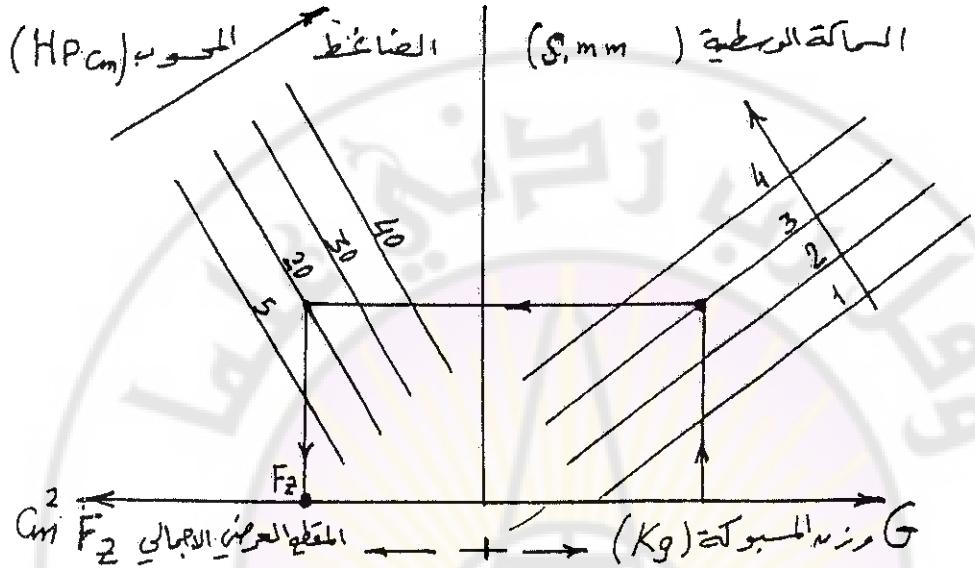
$$D_v = \frac{4}{100} \cdot \left[\frac{606 + 150}{10} \right] + 30 = 33 \text{ mm}$$

تؤخذ: $D_v = 35 \text{ mm}$



شكل رقم (12.7) مثال لحساب أبعاد عناصر نظام الصب

هذا وتوجد طرائق أخرى في حساب أبعاد نظام الصب، مثل النوموغرامات (الحل البياني) وهي التي بها نستطيع حسب أبعاد نظام الصب بسوعة، مثل نوموغراف سوبولييف ويمثل الحل البياني للمعادلة العامة في حساب أبعاد نظام الصب، والشكل (13.7) يوضح الحل البياني لحساب أبعاد نظام الصب.



شكل رقم (13.7) الحل البياني لحساب أبعاد نظام المصب /سوبروليف/.

من وزن المسبوكة (kg) G يرفع خط شاقولي ليلاقي خط السماكة (S.mm) لجدران المسبوكة من نقطة التقاطع السابقة، يرسم خط أفقى ليلاقي خط الضاغط (Hp) الذي يتم حسابه كما في الطريقة السابقة، ومن نقطة التقاطع يُسقط خط شاقولي ليلاقي الخط الأفقى الذي يحدد المقطع العرضي لفتحات التوزيع.

4.7- موازنة قوى الدفع عند صب المعدن المنصهر:

عند صب المعدن المنصهر في فراغ القالب تتشكل قوة دفع (دافعة أرخميدس) تتجه من الأسفل إلى الأعلى محاولة فصل جزئي القالب أحدهما من الآخر، لذلك وكى لا ينفصل الرizik العلوي عن الس资料ي لا بد من موازنة هذه القوة بإضافة أثقال تتوضع على سطح الرizik العلوي أو يربط الرizik كين، ربطاً ميكانيكياً محكماً.

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

مثال 1:

المطلوب حساب الوزن اللازم إضافته إلى سطح الرizik العلوى 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/سم^3 .
- الوزن النوعي لخلطه الرمل المستعملة في تشكيل القالب هو 1.67 غ/سم^3 .

بحسب الوزن اللازم بالعلاقة:

$$F = F_{i_2} - W_m$$

حيث: W_m وزن الريزك العلوى F_{i_2} – قوة الدفع الهيدروليكية الديناميكية.

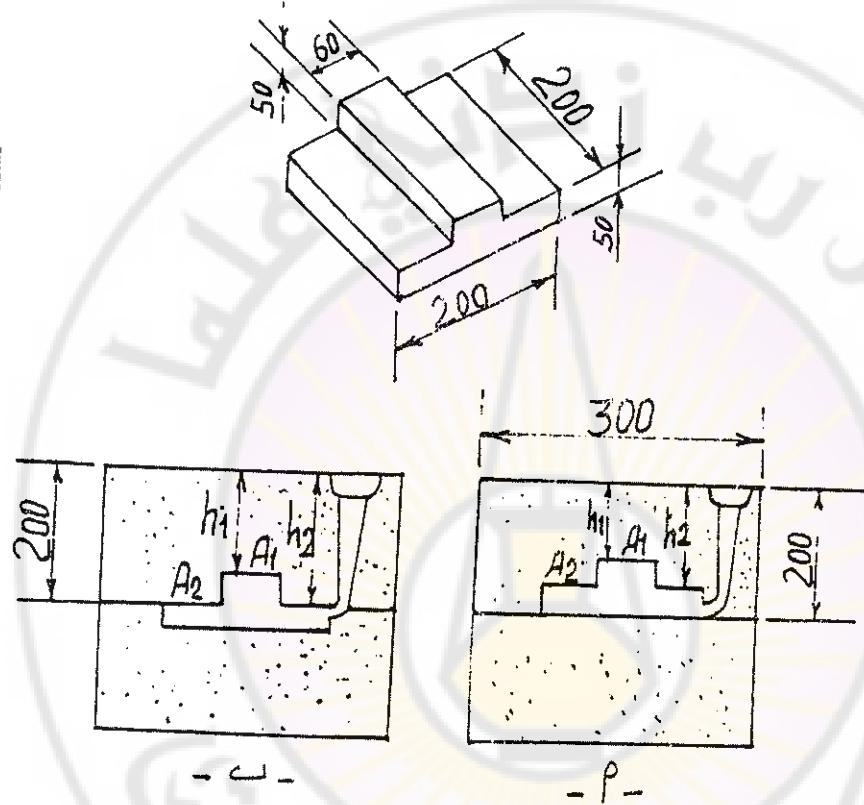
– تحسب قوة الرفع статيكية من العلاقة:

$$F_{i_1} = A_b \times g \times h_m$$

حيث: A_b – المساحة الأفقية لفجوة القالب في الريزك العلوى.

g – كثافة المعدن.

- ارتفاع المعدن فوق المساحة A_b h_m
 وتكون قوة الدفع الديناميكية: $F_i_2 = 1.5, F_i_1$



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 الرizك العلوي المستاتيكية تعطى بالعلاقة التالية:

$$F_1 = A \cdot h \cdot g = g (A_1 h_1 - A_2 h_2)$$

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

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

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

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

قوة الدفع الديناميكي:

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

وزن الرمل داخل الرizك 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 الرizك:

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 الرizك مع إهمال حجم النازل تحسب كما يلي:

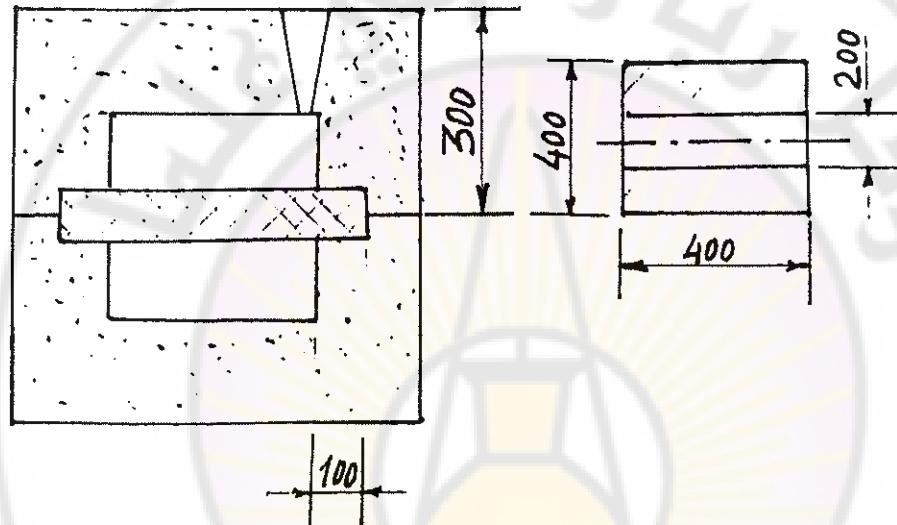
$$F_3 = 1.67 (30 \times 30 \times 20 - 6 \times 5 \times 20) \simeq 29 \text{ kg}.$$

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 γ هو 7.2 غ/سم^3 والوزن النوعي للرمل هو 1.67 غ/سم^3 .



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

الحل:

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

$$\text{دافعة أرخميدس} = \frac{220 \times 3.14}{4} \times 40 \times 7.2 = 90 \text{ كغ}$$

$$\text{وزن القلب} = \frac{220 \times 3.14}{4} \times 60 \times 1.67 = 31 \text{ كغ}$$

قوة الدفع تساوي: $31 - 90 = 59$ كغ.

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

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

$$\text{حيث: } q = \frac{59}{40}$$

اجهاد القص يعطى بالعلاقة التالية:

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

حيث: A - مساحة مقطع النواة.



الفصل الثامن

الصيغ في القوالب الدائمة الحرارية

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



الصب في القوالب الدائمة المروارية

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 يغمر سطحه بالهباب ثم يجف في درجة حرارة تقترب من 300°C ثم يدهن بالماء الزجاجي (NaSiO_2) لترك طبقة زجاجية على السطح، وبعدها يحمص القالب بعد أن يعاد تعفير سطحه بالهباب في درجة حرارة 350°C ، وقبل عملية الصب يسخن القالب حتى لا يتعرض لاجهادات حرارية مفاجئة تؤدي إلى تصدعه، وعند الانتهاء من الصب تنزع المسبوكات وهي ساخنة بدرجة حرارة بحدود 900°C وتترك لتبرد على فرشة من الرمل، وقبل إعداد القالب للصب مرة أخرى يرمم إذا كان ذلك ضرورياً ثم يغمر 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 المراشحات الكهربائية في قنوات الغازات المنطلقة في محطات الطاقة الحرارية المختلفة عن احتراق الفحم البني.

وبعد تشكيل القالب (يرك هذا المركب في الريزك)، يجف ثم يدهن بأسود الرصاص، وتصبح للقالب بعد تجفيفه بنية صلبة مع احتفاظه ببنية جيدة للفازات، وليس ثمة حاجة في هذه الحالة لمرضوعات مفتوحة، لكنه ينبغي جعل أبعاد المصب صغيرة.

تستخدم هذه القوالب في صنع المسبوكات المعقدة والكبيرة الحجم كاسطوانات القاطرات، وفي إنتاج مصبوغات حديد الزهر الرمادي والبرونز ومصبوغات السباائك 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 يُنْسَى منها القالب بإحكام جيد، كما يجب أن يتتوفر في البناء الطوبي ما يكفي من المرونة والمقاومة لامتصاص الإجهادات الناجمة عن تقلص المسبوكات، 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 يجف ثم يدهن بخلط من الغرافيت والماء الزجاجي، ويمكن استخدام مثل هذا القالب لعدد من الصببات يتراوح بين 500 إلى 800 صبة.

الفصل التاسع

الصياغ في القوالب الدائمة المعدنية

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



الصب في القوالب الدائمة المعدنية

١.٩ - 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) مسبوكة من حديد الزهر العادي أو (100.000) مسبوكة من الألمنيوم.

وتكون القوالب المصنوعة من حديد الزهر من قطعتين أو أكثر يمكن تجميعها أو إبعادها عن سطح الفصل، ويُشكّل الفراغ الداخلي للمسبوكة بوساطة قلوب رملية أو قشرية أو من حديد الزهر الرمادي أو الصلب، وإطالة عمر قالب التشكيل ولتسهيل إخراج المسبوّكات منه يغطي سطحه العامل بطلاط أو دهان خاص، أو يرش بماء مقاومة للحرارة، ومخلوطة بسوائل مناسبة، وقد يكون الدهان من الإسمنت الحراري المخفف بزيت القلوب (النوى) المضاف إليه الغرافيت، ويمكن للدهان أن يمكث مدة طويلة قبل تجديده، إلا أن ذلك يتوقف على تأثير المعدن المنصهر على القالب، وعلى كل حال يغفو القالب في كل مرة قبل إجراء عملية الصب بهباب الفحم أو سنаж كربوني يرسّب عليه بلهب أو كسي أستيليني غير كامل الاحتراق، ومن الممكن استعمال القالب بصورة مفرودة، أو توضع في حالة الإنتاج الكبير عدة قوالب على صينية دوارة تدور أو سير ناقل مارة بعدد من المحطات حيث تتم العمليات الازمة فيها آلياً، وتتألّص خطوات السباكة بالقوالب المعدنية الدائمة بما يلي:

- ١ - تنظيف القالب بالفراشي أو الهواء الحار المصغّر وحفظها عند درجة حرارة معينة بلهب الغاز وتتوقف هذه الحرارة على نوع المعدن المصبوب.
- ٢ - طلاء السطح العامل للقالب بمادة مقاومة للحرارة مثل هباب الفحم.
- ٣ - وضع النواة داخل فجوة القالب في مكانها بشكل دقيق، ثم إغلاق القالب.
- ٤ - سكب المعدن في حوض القالب من البوتقة.
- ٥ - ترك المسبوكة فترة زمنية كي تتجدد وتبرد.
- ٦ - فتح القالب وإخراج المسبوكة يدوياً أو آلياً.

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 مصبوّبات أجهزة التبريد وتكييف الهواء، وأسطوانات الفرامل الهيدروليكيّة وأذرع التوصيل، وأسطوانات مضخات التفريغ، والصمامات ومصبوّبات عديدة أخرى:

— تميّز مصبوّكات القوالب المعدنية الدائمة بما يلي:

- 1 - خلوها من الرمال والجزئيات العالقة الأخرى.
- 2 - خلوها من المسامية الناجمة عن الغازات لأن التبريد سريع.
- 3 - نوعة سطوحها.
- 4 - صغر التساممات والتجاوزات في أبعادها.

2.9- أنواع القوالب المعدنية الدائمة:

تُقسَم القوالب المعدنية إلى الأنواع الآتية:

- 1 - القوالب المعدنية التي تعمل بالتنقلة.
- 2 - القوالب المعدنية التي تعمل بالضغط وفي كل الحالين ينبغي أن يكون سطح الفصل في مستوى شاقولي وأن يتضمن أكبر مقطع للمسبوك.

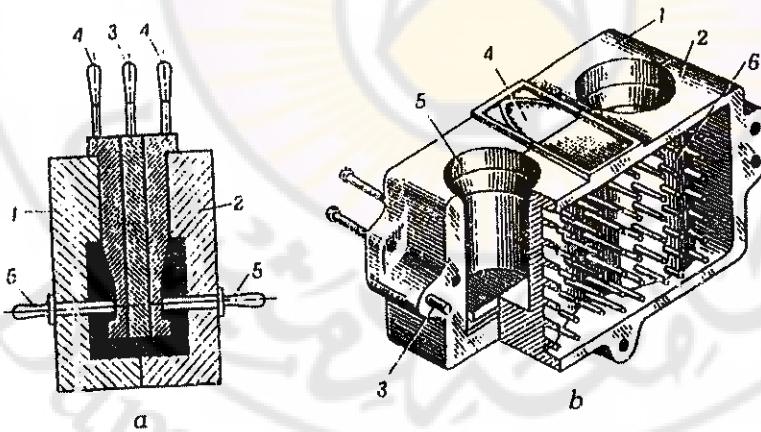
2.9.1- القوالب المعدنية التي تعمل بالتنقلة:

إن القوالب المعدنية التي تعمل بالتنقلة مشابهة لـ القوالب الرملية حيث يتم إملاء فجوة القالب بتأثير تنقالة المعدن، ويجب التحكم بحرارة القالب وأن يتم صب المعدن فيه بدرجة حرارة مناسبة لنوع المعدن المصبوّب ولذلك يجب التسخين لهذا القالب والمحافظة 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) رسمًا تخطيطيًّا ل قالب سباكة 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 إخراجه من المسبوكة، فيخرج أولًا الجزء الأوسط وهو بشكل وتدى (3)، ثم الجزءان (4)، وذلك بتحريكهما أولاً إلى المنتصف ثم بسحبهما رأسياً وتسحب النواة (5) بتحريكهما في اتجاه أفقي، ويُجعل نظام الصب عند سطح الفصال القالب، معنٍغذية المعدن بوساطة حوض صب سيفوني.

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

ويبين الشكل (1.9، b) قالبًا معدنيًّا لسباكة مكابس من الزهر لمحركات الجرارات، ويكون القالب من نصفين 1 أو 2 يفصلهما سطح الفصال رأسي، ويشتت أحد نصفي القالب، في حين يصنع النصف الثاني متحركاً في الاتجاه الأفقي بوساطة دافع.



الشكل رقم 1.9 السباكة في قوالب معدنية: تعمل بالثقالة.

a- رسم تخطيطي ل قالب معدني لسباكة مكابس محرك السيارة من سبيكة الألمنيوم.

b- قالب معدني لسباكة المكابس من الزهر لمحرك الجرار.

ويضبط القالب عند تجميعه بوساطة دسر ضابط (3) ويصنع نظام الصب عند انصال القالب وله حوض صب 4، وتركب القلوب في القالب في ثقوب خاصة معدة لأنتها (5).

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

وتكون المسبوّكات الناتجة بالقوالب المعدنية ذات بنية صغيرة الحبيبات وخصائص ميكانيكية مرتفعة، ولكن هناك إجهادات تنشأ في الطبقات السطحية نتيجة لسرعة التبريد، كما تكون في مسبوّكات الزهر طبقة من الزهر الأبيض، وللهذا فإن الأجزاء التي يحصل عليها بالسباكة في هذه القوالب تعالج حرارياً بالتلاين.

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 عالي نسبياً يتراوح (10-500 ضغط جوي).

يصنع القالب من نصفين متاظرين مثبتاً أحدهما على لوحة متحركة بواسطة مكبس هيدروليكي والنصف الآخر على لوحة ثابتة تحمل المصب، وتستخدم لواحظة مركبة في النصف المتحرك من القالب لنزع المسبوّكات.

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

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

و(0.02^+) مم في حالة المغنتزيوم، 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 مكبسة ذات حجرة ضغط ساخنة، وإما آلات ذات حجرة ضغط باردة.

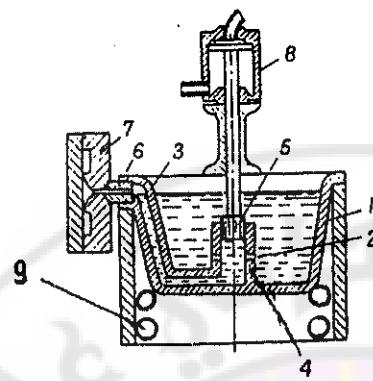
١.٢.٢.٩ - آلات السباكة بالقوالب المعدنية ذات حجرة الضغط الساخنة:

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

أ- الآلات ذات مكبس الضغط:

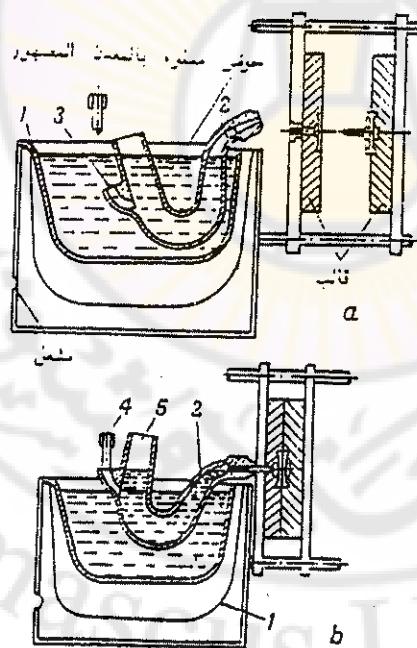
تستعمل للحصول على مسبوكات درجة انصهارها قليلة بحدود 450 م° مثل المسبوكات الفصديرية والرصاصية وغيرها، ويصب المعدن المصهور في حمام (حجرة) من الزهر (الشكل 2.9)، وتبقى درجة حرارة الحمام ثابتة بتخسيسه بوشائع، ويملا المعدن السائل خلال الفتحة (2) تجويف الأسطوانة، وقناة التغذية (3)، وعند إدارة يد التشغيل يغلق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

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



شكل رقم (2.9) آلة مكبسة للسباكه تحت الضغط بغرفة ساخنة للضغط.

بــ الآلات التي تعمل بضغط الهواء مباشرة على سطح المعدن السائل.
 الشكل (3.9) يوضح آلية عمل هذه الآلات التي تعمل بهواء مضغوـط تحت
 ضغـط (من 10 إلى 100 ضغـط جوي).



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

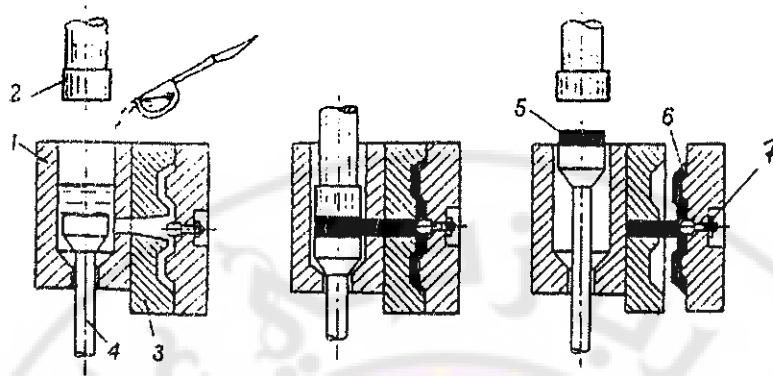
في حجرة الزهر (1) توجد غرفة الضغط المتحركة المنحنية بشكل عنق الإوزة (2)، ويدخل المعدن السائل إلى الغرفة خلال الفتحة (3) ويترد بها نفس مستوى المعدن بالحمام في الوضع المبين بالشكل (3.9، a) وعند التشغيل تتحرك الغرفة (2) إلى الوضع المبين بالشكل (3.9، b) وللتصق طرفها بفوهة قناة التغذية ل قالب السباكة المغلق، وفي نفس الوقت تطلق الفتحة (3) بواسطة سداد (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 قالب تعاد العملية الإنتاجية. ويقوم بخدمة الآلة شخص واحد وتصل إنتاجيتها (من 50 إلى 500) مسبوكة بالساعة ومن مساوى هذه الآلة احتمال وجود مسامية في المسبوكات نتيجة الهواء المضغوط المؤثر مباشرة في المعدن المنصهر.

2.2.2.9 - السباكة بالقالب المعدنية ذات حجرة الضغط الباردة:

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

ومبدأ عمل هذه الآلات كما هو موضح على الشكل (4.9)، يصب المعدن المصهور غالباً بحالة عجينة، إلى حجرة الضغط (1) بواسطة معرفة عيارية ويكتس المعدن بواسطة المكبس (2) والمدفع هيدروليكيأ.

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



شكل رقم (4.9) رسم تخطيطي لتركيب و عمل الماكينة للمباعدة تحت الضغط بحجرة الضغط الباردة.

الفصل العاشر

السباكه بالطرد المركزي

- 1 السباكه بالطرد المركزي بقالب محور دورانه شاقولي.
- 2 السباكه بالطرد المركزي بقالب محور دورانه افقي.



السباكه بالطرد المركزي

عند السباكه بالطرد المركزي، يصب المعدن السائل داخل قالب يدور بحركة دورانية سريعة، فتُفقد القوة الطاردة المركزية وتوزع في أرجاء قالب الذي يصمم بطريقة خاصة تلائم المصبوّبات المطلوب إنتاجها، وغالباً تستخدم هذه الطريقة في إنتاج الأحجام الدورانية البسيطة والدورانية الم gioفة، كالمواسير، والأسطوانات، وتيجان التروس، ودوالib السكك الحديدية ... الخ.

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

1.10 - طرائق السباكه بالطرد المركزي:

تمة طريقتين، وذلك حسب وضع محور الدوران وهما:

- 1 - طريقة السباكه بالطرد المركزي في قالب محور دورانه رأسياً (شاقولي).
- 2 - طريقة السباكه بالطرد المركزي في قالب محور دورانه أفقياً.

1.1.10 - طريقة السباكه بالطرد المركزي في قالب محور دورانه رأسياً:

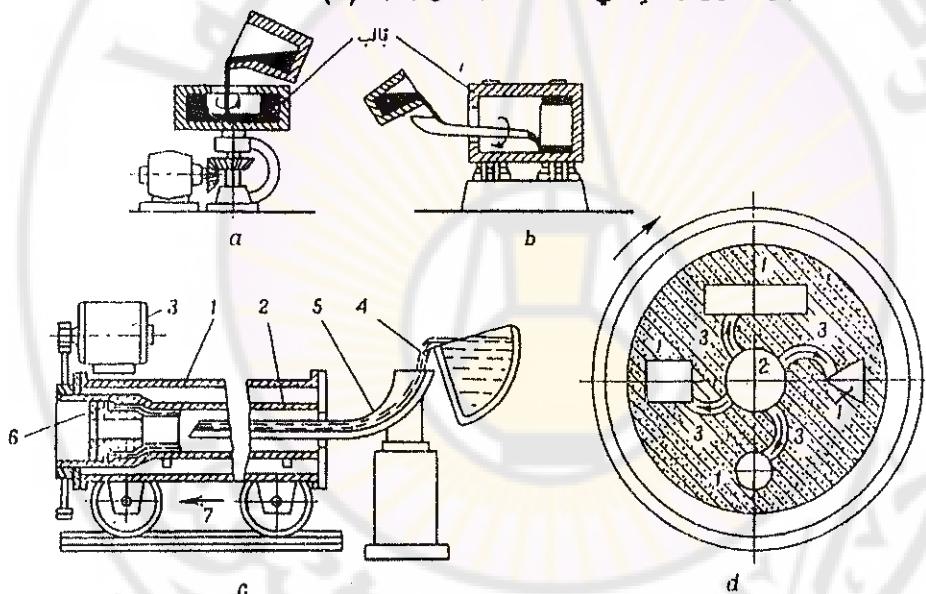
تقسم إلى:

- أ - آلات مسبوّكات الدفع المركزي:
- ب - آلات مسبوّكات شبه الدفع المركزي.

١.١.١.١٠ - آلات مسبوكات الدفع المركزي:

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

والشكل (١.١٠) يوضح مبدأ عمل آلة السباكة بالدفع المركزي الشاقولي وبها تدور الآلة مع القوالب (١) حول محور رأسى (٢) حيث تعتبر القناة (٢) قناة الصب الرئيسية ومنها يناسب المعدن المصبوب في قنوات الصب الفرعية (٣) إلى فجوة القوالب حتى تمتلى القوالب المعدنية أو الرملية (٤)، بتأثير القوة الطسارة المركزية ويتوقف مقدارها على كتلة المعدن ونصف القطر وسرعة الدوران وتبقى الشوائب قريبة من محور الدوران أي في قناة الصب الرئيسية (٢).



شكل رقم (١.١٠) آلات للسباكه بالطرد المركزي

- a - محور رأسي للدوران.
- b - محور أفقي للدوران.
- c - رسم تخطيطي ل מכينة 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 (a-1.10) 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 أث�ر سماكة من الجزء العلوي، وذلك نتيجة تأثير التقالة الأرضية، ويزداد هذا الفارق بزيادة ارتفاع المسبوكة، ولهذا فإن الآلات ذات المحور الرأسي للدوران تستعمل لانتاج الأجزاء قليلة الارتفاع، مثل التيجان البرونزية للستروس والأطواق وكراسى المحاور وغيرها.

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

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

$$n = \frac{5520}{\sqrt{8 \cdot R}}$$
 حيث n عدد الدوران بالدقيقة

ـ الوزن النوعي للمعدن g/cm^3 .

ـ نصف القطر الداخلي للمسبوكة (Cm).

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

آ- القوالب المعدنية: تصنع القوالب في هذه الحالة من حديد الصلب أو الزهر، وكما يوضح على الشكل (C-1.10) رسم تخطيطي لآلية صب المواسير بالطرد المركزي في قالب معدني، فيدور قالب (2) داخل غطاء (1) بوساطة محرك (3) وبواسطة مجموعة تروس. ويبعد قالب 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،

وتتضمن هذه الطريقة لصب المعدن في قالب دائري 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 تجميد المعدن ويطلب 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 دائري تحركه آلية خاصة متصلة بنظام تحريك الآلة عند الصب، ويكون 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 إيقافها عند هذه الدرجة لمدة تتوقف على عمق طبقة الزهر الأبيض تبرد ببطء إلى درجة (300-325م)، ويكون تركيب الزهر المستعمل لسباكه المواسير عادة كالتالي: (Si %2-1.75) و (C %3.65-2.6) و (Mn %0.55-0.5) و (P %0.6-0.55) و (S %0.07-0.8).

بـ- القوالب الرملية: في هذه الطريقة تصب المواسير داخل قوالب رملية مجففة في أثناء دورانها، وتجهز هذه القوالب في ريازك 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
السياكة المستمرة

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



السباكـة المستمرة

لا تستخدم طريقة الصب بالطرد المركزي لانتاج الأنابيب (المواشير) الطويلة ذات الأقطار الكبيرة، وذلك لاعتبارات اقتصادية مهمة، ولهذا السبب ابتكرت طريقة الصب المتواصل، التي أمكن بواسطتها إنتاج مواشير تصل أقطارها الأساسية 1500 مم وتحل أطوالها إلى تسعه أمتار.

تستخدم هذه الطريقة بصورة عامة لإنتاج القصبان والمواشير والألواح المعدنية وغيرها، وفيها يصب المعدن خلال مر رأسي يبرد باستمرار بواسطة ترتيبة 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 مصبوّبات رقيقة وباقتصاد في المعدن المستخدم في صبها، وعندما كان التبريد في هذه الطريقة يتم بسرعة، فإن مصبوّباتها ذات بنية بلورية دقيقة، ولهذا السبب تصل مقاومة الشد في مصبوّبات حديد الزهر الرمادي المنتجة بهذه الطريقة إلى أكثر من ضعف مقاومة الشد في المنتجات المصبوبة في قالب رملية أو بطريقة الصب بالطرد المركزي. ويمكن تقسيم هذه الطريقة إلى نوعين هما:

أ- صب الأنابيب والأعمدة. ب- صب الألواح.

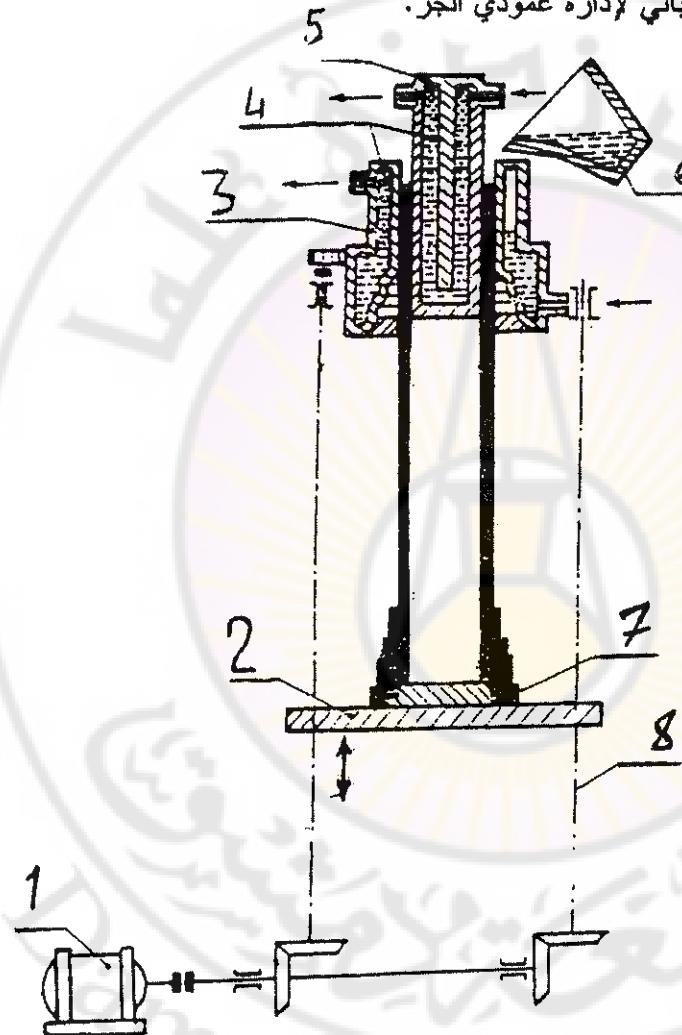
1.11- صب الأنابيب والأعمدة بالطريقة المستمرة.

1.1.11- صب الأنابيب بالطريقة المستمرة.

يبين الشكل (1.11) رسمًا تخطيطيًّا لجهاز (الـ) صب الأنابيب بالطريقة المستمرة ويتألف الجهاز من الأجزاء الآتية:

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

- ٢ - مبرد داخلي معدني اسطواني الشكل يبرد بالماء الجاري ويطابق قطره الخارجي القطر الداخلي للمسبوكه.
- ٣ - لوح جذب يتحرك على عمودي جر مقلوبين لتأمين حركة خطية نحو الأعلى والأسفل ويركب عليه نواة معدنية.
- ٤ - محرك كهربائي لإدارة عمودي الجر.



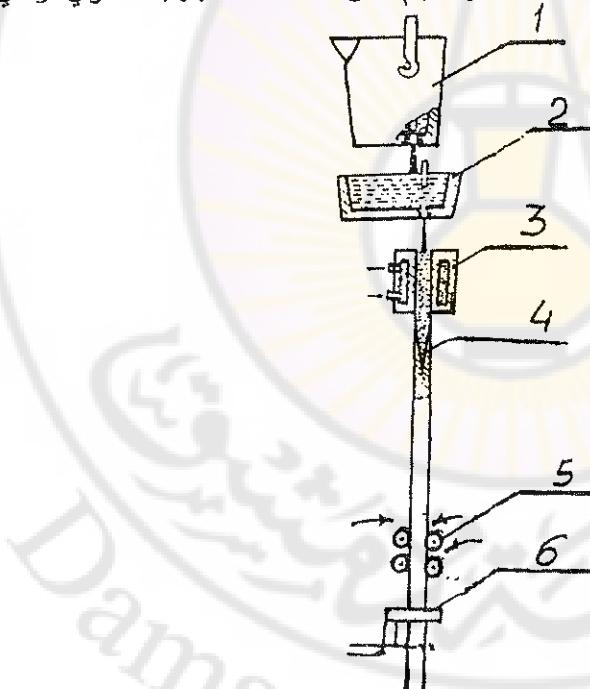
شكل رقم (1.11) رسم تخطيطي لـماكينة صب المواسير بالطريقة المستمرة.

- ١ - محرك كهربائي، ٢ - لوح الجذب، ٣ - مبرد اسطواني معدني خارجي، ٤ - ماء التبريد.
- ٥ - مبرد اسطواني معدني داخلي، ٦ - المعدن الملصهر، ٧ - اللواة المعدنية، ٨ - 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 لسطح المبردات الباردة وفي الوقت نفسه يدور المحرك وينسحب لوح الجذب نحو الأسفل ببطء، فيحصل لل MASOORA تحت تأثير نقلها ما يشبه عملية السحب من المبرد. أما لصنع MASOORA جديدة فلا علينا إلا وضع نواة أخرى على لوح الجذب ثم رفعه نحو المبردات و المباشرة صب حديد الزهر من جديد.

2.1.11 - صب الأعمدة والقضبان بالطريقة المستمرة:

يبين الشكل (2.11) رسمًا تخطيطيًّا لآلية صب الصلب صبًا مستمرًا 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 صبها، ويسحب العمود (المسيوكة) بواسطة درافيل ساحبة وحسب الطول المطلوب يتم قص هذه الأعمدة بلهب غلزي أو أي وسيلة أخرى.



شكل (2.11) رسم تخطيطي لآلية صب قضبان الصلب صبًا مستمرًا.

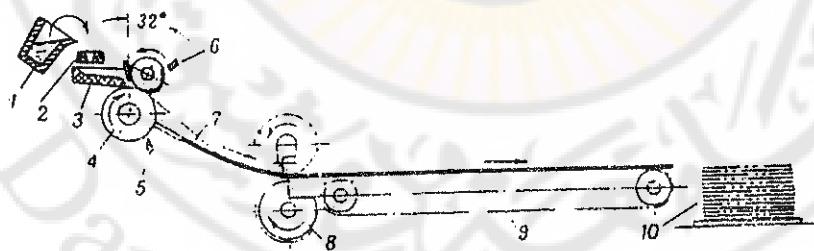
- 1- بوتقة،
- 2- حوض وسيطي للصب،
- 3- قالب للتبريد بالماء.
- 4- قشرة متجمدة،
- 5- درافيل ساحبة،
- 6- وسيلة قص.

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 درفيليدين دائريين للألة ويناسب الزهر السائل بين الدرفيليدين على حول المماس لهما، وعند مرور الزهر في الفرجة (الخلوص) بين الدرفيليدين يتجمد للامس مع السطح البارد لهما على شكل لوح عريض (شريط) يمكن تعديل سمكه بتغيير المسافة (الخلوص) بين سطحي الدرفيليدين في الحدود (0.6-1.2) مم ويقطع لوح المعادن 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 (700 × 500) مم.

وترتيب ألواح الزهر الأبيض الناتجة بهذه الطريقة في مجموعات من (18-20) لوحًا تعامل بالتلدين بالنظام التالي: تسخين بطيء (ساعتان) حتى (950-1000)، ثم الإبقاء لمدة ساعتين، والتبريد حتى (650-700) ملمدة (4) ساعات، ثم إتمام التبريد في الهواء، وتتحول ألواح الزهر الأبيض نتيجة للتلدين إلى زهر طروق ذي أساس معدني فيريتي واحتواهات من كربون التلدين، وتكون الخواص الميكانيكية لألواح الزهر بعد تلدينهما كخواص الزهر الفيريتي الطروق، وهذا الزهر يمكن تثبيته وتنقيبه بمسمار كما أنه يتشكل في الأسطمبة (المكابس).



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

- 1- بوتقة فيها زهر مصهوز. 2- قمع الصب، 3- قناة (المغذي)، 4- درفيلان، 5و6- مكشطيان لتنظيم الدرفيليدين، 7- مستوى سائل، 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 المسبوّكات باستخدام الشمع المفقود.



السباكـة الدقيقة باستخدـام نماذـج الشـمع المـفقود

السباكـة الدقيقة:

تستخدم السباكـة الدقيقة إما لإنتاج مسبوكـات مطابـقة بـشكلـها وأبعـادـها النـهـاـية لـشكلـ وأبعـادـ المشـغـولاتـ المـكـتمـلةـ، أو عـلـىـ الـأـقـلـ لإـنـتـاجـ مـسـبـوكـاتـ أـبعـادـهاـ فـيـ حدـودـ تـسـامـحـاتـ ضـيـقةـ جـداـ، وـمـنـ مـأـثـلـةـ مـسـبـوكـاتـ الـمـنـتـجـةـ بـهـذـهـ طـرـيـقـةـ مـسـبـوكـاتـ التـيـ يـنـبـغـيـ عـدـمـ تـشـغـيلـهاـ مـيكـانـيـكـيـاـ (وـذـلـكـ لـصـعـوبـةـ التـشـغـيلـ خـاصـةـ إـذـاـ كـانـتـ الأـشـكـالـ مـعـقـدةـ كـرـيشـ العـنـفـاتـ الغـازـيـةـ ...ـ وـغـيرـهـاـ)ـ أوـ الـاقـتصـارـ عـلـىـ تـشـطـيبـ سـطـحـهاـ بـالـتـلـمـيعـ فـقـطـ.

وـأـهمـ طـرـائقـ السـبـاكـةـ الدـقـيقـةـ هـيـ:

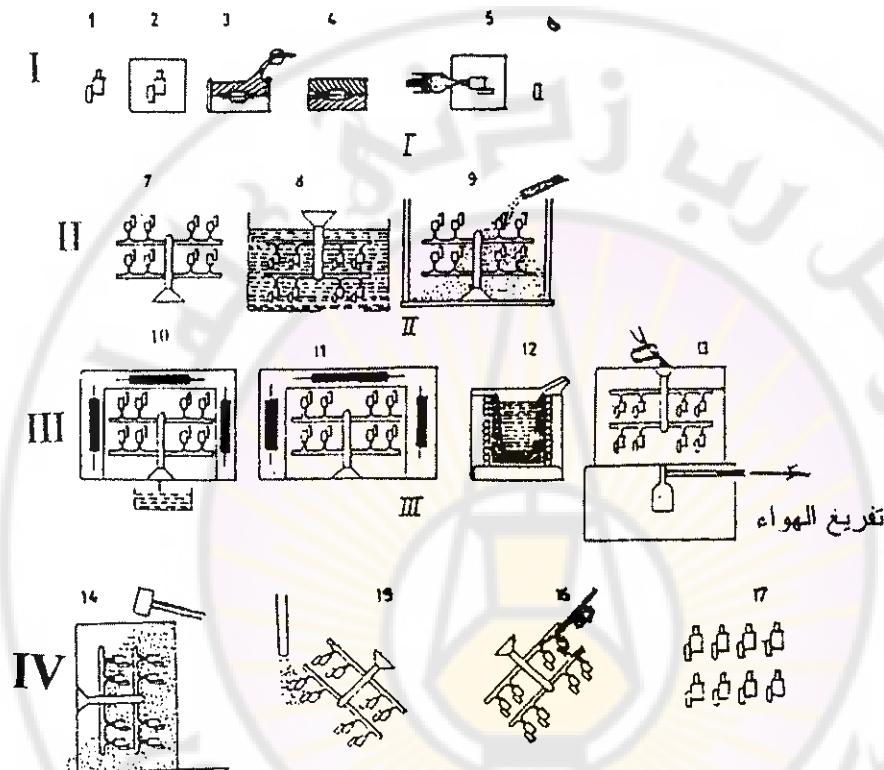
- 1 - الصـبـ باـسـتـخـدـامـ نـمـاذـجـ الشـمعـ المـفـقـودـ.
- 2 - الصـبـ فـيـ قـوـالـبـ قـشـريـةـ.

1.12 - السـبـاكـةـ الدـقـيقـةـ باـسـتـخـدـامـ نـمـاذـجـ الشـمعـ المـفـقـودـ:

وـهـيـ طـرـيـقـةـ قـدـيمـةـ اـسـتـخـدـمـتـ فـيـ قـرـنـ التـاسـعـ عـشـرـ فـيـ صـنـاعـةـ الـأـسـنـانـ حـيـثـ تـتـطلـبـ فـيـ مـسـبـوكـةـ الـمـطـلـوبـ صـنـاعـتـهـاـ دـقـةـ مـنـتـاهـيـةـ فـيـ أـبعـادـهاـ لـتـلـامـ الفـرـاغـ المـعـدـ لـهـاـ بـيـنـ الـأـسـنـانـ الـأـخـرـىـ، وـقـدـ تـطـورـتـ السـبـاكـةـ الدـقـيقـةـ باـسـتـخـدـامـ نـمـاذـجـ الشـمعـ المـفـقـودـ فـيـ السـنـوـاتـ الـأـخـرـىـ وـشـاعـ اـسـتـخـدـامـهـاـ فـيـ سـبـاكـةـ كـثـيرـ مـنـ أـجزـاءـ الـمـنـتـجـاتـ الدـقـيقـةـ فـيـ أـبعـادـهـاـ وـمـتـمـيـزـةـ بـنـعـومـةـ أـسـطـحـهاـ مـاـ يـعـنـيـ عـنـ اـسـتـخـدـامـ أيـ عـمـلـيـاتـ تـشـغـيلـيـةـ لـاحـقةـ لـإـنـهـاءـ (ـتـشـطـيبـ)ـ أـسـطـحـهاـ، إـلـاـ فـيـ حدـودـ ضـيـقةـ كـاـسـتـخـدـامـ الصـقـلـ أوـ الـجـلـجـيـقـ.

وـلـصـعـوبـةـ تـشـكـيلـ بـعـضـ السـبـاكـاتـ كـسـبـائـكـ رـيشـ العـنـفـاتـ الغـازـيـةـ، بـطـرـائقـ التـشـكـيلـ الـأـخـرـىـ، فـإـنـ رـيشـ هـذـهـ عـنـفـاتـ تـصـنـعـ حـالـيـاـ باـسـتـخـدـامـ الشـمعـ المـفـقـودـ، فـعـلـوـةـ عـلـىـ أـنـ هـذـهـ طـرـيـقـةـ تـسـاعـدـ فـيـ إـنـتـاجـ مـنـتـجـاتـ صـقـلـيـةـ السـطـوحـ وـدـقـيـقـةـ الـأـبعـادـ وـالـأـشـكـالـ، فـإـنـهـاـ تـعـطـيـ سـطـوـحـاـ خـالـيـةـ مـنـ الـإـجهـادـاتـ النـاشـئـةـ عـنـ التـشـغـيلـ الـمـيكـانـيـكـ الـتـيـ تـكـونـ فـيـ الـعـلـادـةـ مـنـ أـهـمـ أـسـبـابـ الشـروـخـ الدـقـيقـةـ الـتـيـ تـصـبـحـ مـصـدـراـ لـلـتـأـكـلـ بـفـعـلـ عـوـامـلـ الصـدـأـ عـنـدـ تـعـرـضـهـاـ لـغـازـاتـ الـاحـترـاقـ فـيـ الـعـنـفـةـ.

١.١.١٢ - مراحل إنتاج المسبوكات باستخدام نماذج الشمع المفقود:
 تتكون تكنولوجيا إنتاج المسبوكات بالطريقة المذكورة من المراحل الآتية: كما يوضح الشكل (١.١٢).



شكل (١.١٢)

- عمل النموذج: ١- النموذج الرئيسي، ٢- ثبيت النموذج في القالب الأساسي، ٣- تشكيل النصف الأول من القالب من المعدن المطري، ٤- القالب الجاهز، ٥- حقن الشمع، ٦- الموديل النهائي.
- عمل القالب: ٧- مجموعة كاملة من النماذج، ٨- صهر مجموعة نماذج في مادة حرارية، ٩- ثبيت مجموعة النماذج في مادة تشكيل القالب.
- الأعمال التمهيدية للصب: ١٠- صهر الشمع في فرن كهربائي، ١١- تجفيف القالب في فرن كهربائي، ١٢- صهر المعدن المراد صبه، ١٣- إجراء الصب الساكن في جو مفرغ.
- فصل المصبويبات وتنظيمها: ١٤- تكسير القالب، ١٥- تنظيف المصبويبات بسفعها بتيار رملي، ١٦- فصل المصبويبات، ١٧- المصبويبات الجاهزة.

- 1 - تجهيز نموذج قياسي للمنتج.
- 2 - تجهيز قالب لصب النماذج الشمعية.
- 3 - صب النماذج الشمعية بالحقن وتجهيزها.
- 4 - تجهيز شجرة النماذج وذلك بتنبيت النماذج على قضبان شمعية تمثل المصسب 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 بمحظول الرمل السيليسى الناعم جداً مع مادة رابطة من السليكا وذلك للمعادن ذات درجة الانصهار العالية شكل (8.1.12) ثم يرسن سطحها بالرمل الناعم.
- 6 - تجفف الطبقة الرملية المترسبة على النماذج الشمعية عند درجة حرارة C^{20} (°C) وذلك لمدة (6) ساعات.
- 7 - يدخل الريزك مع مجموعة النماذج بفرن بدرجة حرارة (من 100-120 °M) حتى يسيل الشمع منه شكل (10.1.12).
- 8 - ترفع حرارة قالب إلى درجة حرارة (1000 °M) حتى يتصلب ويجف وتزال آثار الشمع.
- 9 - إجراء عملية صب المعدن المصهور في القالب وهو بدرجة حرارة بحدود (900-700 °M) 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 المسوّوكات الدقيقة، وقد يصنع النموذج القياسي من بعض أنواع الخشب الجيد، وتُصنَع طبقاً للنموذج القياسي قوالب من السباكة الخفيفة ذات درجة الانصهار المنخفضة أو من الجيلاتين لكبس النماذج الشمعية، ويكون القالب من نصفين ويمكن فتحه.

وتجرى بمساعدة هذه القوالب سبائك النماذج الشمعية من سباكة شمعية منصهرة، أو من مواد تسهل بالحرارة، أو من الزئبق بنفس الطريقة التي تسبك بها المعادن تحت الضغط، وت تكون السباكة الشمعية المستعملة لتجيز النماذج المفقودة عادة من بداخل الشمع الطبيعي كالسيريزين واليرافين وغيرها، أما في حالة استخدام الزئبق فلا بد من تبريد القالب الرئيسي إلى حوالي 60 م كي يتثنى تجمد النموذج ويجب أن تكون سطوح النموذج، سواء كان شمعياً أم زئبياً 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 بغمرها في محلول الرمل السيليسي الناعم جداً وكمية صغيرة من الجرافيت والماء الزجاجي ثم يرسن سطحها بمسحوق الكوارتز المحمص عند درجة 400-500 م وذلك لتحسين تمسكها مع رمل القالب ثم تجفف عند الدرجة (20) م تقريراً لمدة (5-6 ساعات).

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

للاهراء لفترة وجيزة (قد تطول لمدة ساعة) حتى يتربس المعجون حول أركان وفجوات النموذج ويأخذ شكله وليسهل طرد فقاعات الهواء التي قد تحيط بالمعجون، وتترك المعونة 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%) ويحفف قالب عند درجة 20 م° لمدة 2-3 ساعات.

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

تنزع بعد ذلك قاعدة الصندوق المصنوعة من الصلب ويكشف عن فتحة الصب الشمعي لأن من المحتمل أن تتسرّب إليها العجينة وتنصل بينها وبين القاعدة، وتترك فتحة الصب في اتجاهها نحو الأسفل بالنسبة للقالب وينزع الرizك المحيط بالقالب ثم يدخل إلى الفرن على حصيرة درفلية تنقله بالتدرج إلى داخل الفرن ثم إلى نهايته الأخرى، وبالتسخين التدريجي ينتحر النموذج الشمعي عند درجة حرارة (100-120 م°) ويناسب الشمع السائل مخلفاً في القالب فجوة على درجة عالية من الدقة، ولضمان إزالة النموذج تماماً يبقى استمرار تسخين القالب لدرجة حرارة (150 م°) ولمدة (1.5-2 ساعه) وبعد ذلك يلبد القالب عند درجة (1000 م°) تقريراً لتحسين مقاومته، ثم يبرد في النهاية إلى درجة حرارة (700-900 م°) تمهيداً لإجراء عملية السباكة.

يتم صهر السباكة 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

السباكة الدقيقة باستخدام

القوالب القشرية

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



السباكة الدقيقة باستخدام القوالب الفشرية

للحظ عند سباكة المعادن في قوالب رملية أنه لا يسخن من الرمل إلا الطبقة الرقيقة الملامسة للمسبوك أي أن باقي الرمل لا يتعرض لدرجة حرارة عالية، وقد استغلت هذه الحقيقة في الطرق الحديثة للحصول على المسبوكة بصيغها في قوالب رقيقة الجدران (فشرية) من خليط خاص لمواد السباكة يتكون من رمل الكوارتز الناعم وإضافات من البكاليليت نسبتها (5-6%) وللبكاليليت قابلية للانصهار عند ملامسته لسطح التموج المعدي الساخن، وتغليف حبيبات الكوارتز ثم التحميص مكوناً قشرة متمسكة ذات ناقلة جيدة للغازات.

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

1.13 - عناصر خلطة القوالب الفشرية:

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

1.1.13 - الرمل:

تحتوي الرمال المستعملة في السباكة بالقالب الفشرية على نسبة مرتفعة من السليكا والزيركون ونسبة منخفضة من المواد العضوية والغضار، وكلما قلت النسبة المئوية 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 الفشرية أحد الأشكال الآتية:

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

2- حبيبات زاوية: وتفضل لإنشاء القوالب.

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

٢.١.٢- المادة الراتنجية الرابطة:

إن الراتنج الاصطناعي المستعمل في السباكة بالقوالب الفشرية هو مادة لينة حرارياً يضاف إلى مواد مبلمرة لاكتساب الراتنج خواص التصلب بالحرارة. وبعد راتنج (الفينول - فورما الدهيد) أكثر المواد الراتنجية استعمالاً في السباكة بالقوالب الفشرية، وهو راتنج مقاوم للحرارة والرطوبة وذو خواص إنسانية جيدة وتصبح قوته تمسكه عندما يتحد بالرمل عالية.

وللراتنج الفينولي المستعمل في القوالب الفشرية 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 الرقائقي الكتلي: ويطلب رملأ ساخناً أيضاً.

٣.١.٣- الإضافات الأخرى:

بعد وجود بعض الإضافات الأخرى في خليطه الرمل - راتنج ضروري لتحسين جودة تسطيب 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 إنسانية الرمل، وزيادة قوة الشد للقالب،

ومن أنواع المزلاقات المستعملة سيرات الكالسيوم، وسيرات الزنك، والشمع الكلرنيوي وتبليغ نسبة المزلاق عادة (2.5%) من احتواءات الراتنج من المواد الصلبة.

2.13 - خطوات صنع قالب القرشي:

لصنع قالب القرشي تتبع الخطوات المبينة على الشكل (1.13) حسب التسلسل الآتي:

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

يستطيع القالب، مقاومة ضغط المعدن المصهور حتى يتجمد المعدن ثم ينفت القالب بعد ذلك حيث تحرق المادة الرابطة، ومن ثم يصبح من السهل تنظيف المسبوّكات.

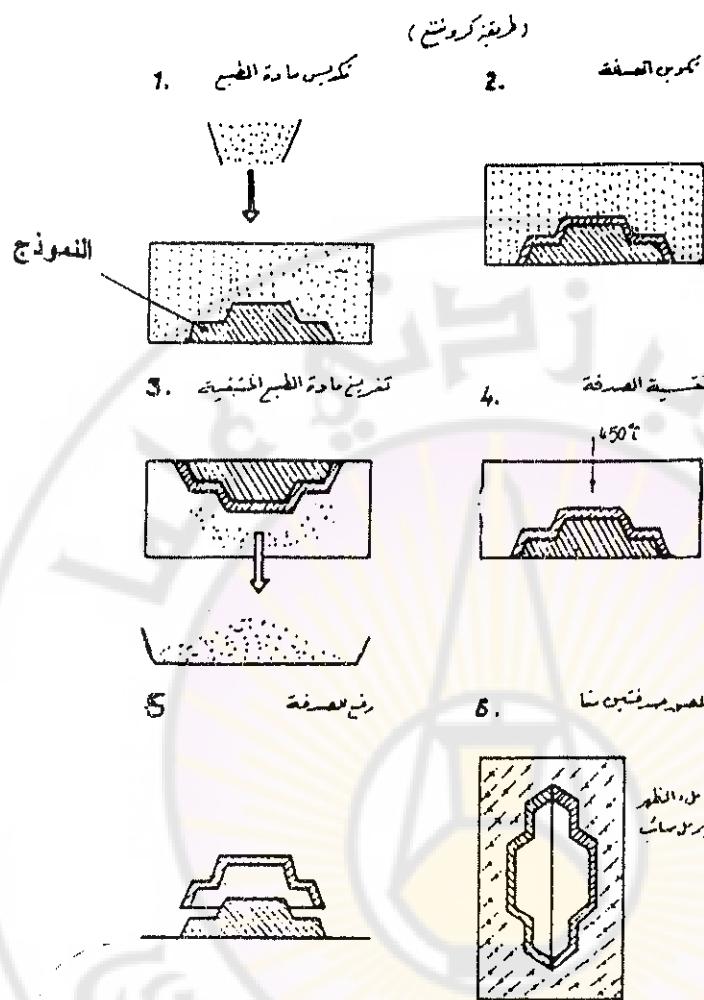
صناعة النواة للقوالب القرصية:

يمكن استخدام نواة رملية مصنوعة من أحد رمال النوى المذكورة سابقاً، أو يمكن استخدام نواة قشرية حيث تحضر بإحماء قالب النواة المعدنية ويملاً بعد ذلك بالرمل القرصي الذي يترك لفترة من الزمن ضمن القالب حتى تتصلب سماكة محددة من الرمل القرصي وبعدمها يفرغ القالب المعدني من الرمل القرصي الزائد (غير متاثر بالحرارة)، وبذلك نحصل على نواة قشرية حيث تقوم بتحميصها بالحرارة الازمة لاستخدام ضمن تجويف القالب حسب المسбоكة المطلوبة.

3.13 - مزايا ومساوئ السباكة في القوالب القرصية:

3.13.1 - مميزات السباكة بالقوالب القرصية:

- ١ - مناسبة للإنتاج الكمي من المسبوّكات.
- ٢ - تكون مسبوّكاتها دقيقة الأبعاد وناعمة السطوح مقارنة بالسباكة بقوالب رمل السباكة الطبيعي.
- ٣ - تحتاج هذه الطريقة (10-20%) رملًا قشرياً مقارنة بطرق السباكة برمel السباكة الطبيعي.
- ٤ - تتميز القوالب القرصية ببنائية عالية للغازات وبعدم امتصاص الرطوبة وبذلك يمكن تخزينها.
- ٥ - لا تحتاج هذه الطريقة إلى ريازك.
- ٦ - انخفاض تكاليف الإنتاج بدرجة كبيرة لقلة النفايات ولصغر احتمال رفض المسبوّكات لعدم صلحيتها.



شكل رقم (1.13) خطوات تصنيع قالب القشرة

2.3.2- مساوى السباكة بالقوالب القشرية:

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



الفصل الرابع عشر

كشف محبوبه المسروقات

(فحص المسروقات)

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



كشف عيوب المسبوكات

(فحص المسبوكات)

فحص المسبوكات: هي عملية التأكيد 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.

يتناولت تفنيش المسبوكات من ملاحظة الشكل الخارجي إلى الدراسة الشعاعية (الراديوغرافية) الكاملة لجميع المسبوكات، ودراسة التحليل الميكروسكوبى لمعرفة بنية المعادن والسبائك وتحديد حجم وشكل الحبيبات وجود 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 والظروف والظروف الاستثمارية للمسبوكات المنتجة.
- 2 - أن يكون واسع الالامام بطبيعة وسبب العيوب في المسبوكات، ومواطئ احتمال حدوثها.
- 3 - أن يعرف كيف أن يربط ويقدر جميع الظروف والإمكانيات التي تحت نصرفه، وبيت بقرارات واضحة ومعقولة متخذًا موقفاً متعاوناً مع كل من المستهلك والمنتج.

1.14 - طرائق كشف عيوب المسبوكات:

يقسم التفتيش على المسبوكات إلى:

- أ- تفتيش إللاقي.
- ب- تفتيش غير إللاقي.

آ- تقطع بالمنشار في أسلوب التفتيش الإللاقي من المسبوك أو من المسبوكات نماذج تستخدم كعينات لفحص المسبوكات من حيث العيوب الداخلية، ويتوقف نجاح هذه العملية على خبرة المفتش ومقدراته على استنتاج الواقع الأكثر احتمالاً لوجود العيوب بها.

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

ب- تضم أساليب التفتيش غير الإللاقي الطرائق الآتية:

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

2.14 - الاختبارات البصرية:

تعرض جميع المسبوكات أثناء تنظيفها لفحص بصري مهمته استبعاد جميع المسبوكات المعيبة التي عيبها ظاهر ، و الفحص البصري يجنينا تكاليف التشغيل المرتفعة التالية، لذا تفحص المسبوكات من حيث صلادتها وخلوها من البخخة والفجوات لأن يستعمل المفتش مبرداً عادياً يدفعه على سطح المسبوك شوطاً واحداً ليعطيه فكرة عن مدى صلادته، كما تفحص المسبوكات أيضاً من حيث الزعانف والزوائد وحوامل القلوب.

غالباً ما تظهر على سطح المسبوك فتحة غاز كبيرة أو تلصق حجمي ضخم على هيئة ثقب صغير 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) مدرب، فإذا ما كان العيب مستوراً ببشرة رقيقة غاص الطرف المدبب للمطرقة في المسبوك مهشماً هذه القشرة، أما إذا كانت القشرة سميكه ولم تتكسر 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 وبطرق بمطرقة أو شاكوش صغيرة ثم تقارن درجة أو نوع نغمة صوت المسبوك الخاضعة للاختبارات بمثيلتها في مسبوك تالف.

تعطي هذه الطريقة فكرة عن عدم الاستمرار الكبير للمعدن ولكن لا يعتمد عليها اعتماداً كلياً، نظراً إلى أن أي شرخ في اتجاه ما في المسبوك قد لا يحدث تغييراً كبيراً في طول موجة الصوت من ثم لا يعطي اختلافاً 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 يشبه بعيوب إلا أن من الصعب تحديد مدى هذا العيب والحكم على تأثيره الضار في وظيفة المسبوك، يتم هذا النوع من الاختبارات باحتراس شديد وإلا نشا عنه تلف في المسبوكات السليمة وللهذا 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 تتمد الشروخ الخيطية في المقطع حالياً، إلا أنها قد تنمو عند استعمال المسبوك ويتراكم خطرها.

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

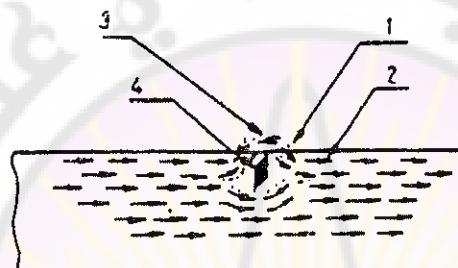
5.14- اختبار نفاذ السوال:

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 بعد ذلك ثم يوضع جانباً للفحص، فإذا ما وجدت الشروخ فإن الزيت ينز باتجاهه عكسي عبر الشرخ مظهراً مكان العيب، ولكي تساعد على كشف العيب بشكل واضح يدهن المسبوك بعد تنظيف سطحه من الزيت بدهان أبيض أو بمسحوق الطاق، وعندما ينز الزيت للخارج فإن طبقة الدهان تتصدع 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 وجود العيوب فيه يقلل من نفاذة 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 متجنبة عبوره، وعلى هذا الأساس عندما تنشر برادة الحديد في مسار مجال مغناطيسي تصطف الدقائق المغناطيسية في تجاه خطوط القوى وتتوزع 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) تمييز المسبوكات بطريق مباشر أو

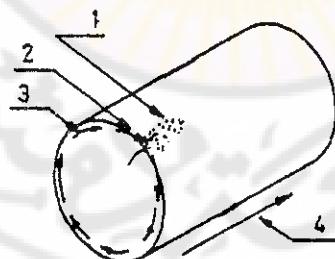
غير مباشرة، ففي الطريقة غير المباشرة يوضع المسبوك بين قطبي مغناطيسين أو يحاط بملف يغذي بتيار ثابت أو ملف حوله سلك مرن، ويعمل المسبوك في هذه الحالة عمل القلب الحديدية للمغناطيس الكهربائي، أما في الطريقة المباشرة فيمagnet المسبوك كلباً بإمرار تيار كهربائي فيه، ويمكن التحكم باتجاه المجال في هذه الحالة بالتوقيع المناسب لنقط التلامس على المسبوك حتى يمر التيار في الاتجاه المختار، تكون خطوط المجال مساراً دائرياً في مستوى عمودي على خط انسياط 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 الراسية بمساعدة منفاخ أنبوبي، أما المسحوق الرطب فيرش أو يصب مباشرة على السطح.



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

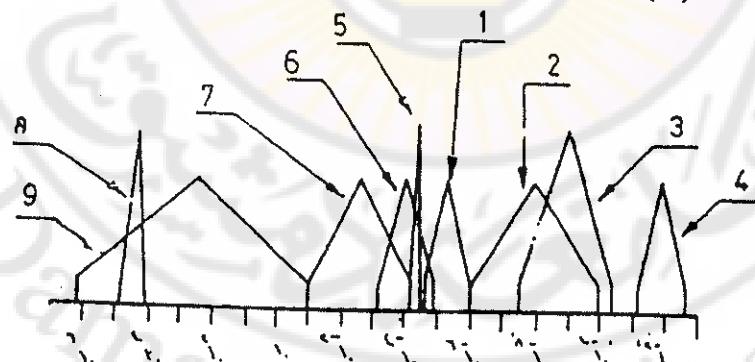
1- برادة الحديد، 2- تسرب المجال، 3- مسار خطوط المجال، 4- اتجاه التيار.

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

7.14 - الفحص الراديويغرافي:

يعتمد الفحص الراديويغرافي على بعض خواص المواد الشفافية والاعتام، 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 ينكس، وقد كشف عن أشعة كهرومغناطيسية لها خواص تشبه خواص 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 اختراق كلما قلت أطوال موجاتها.

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

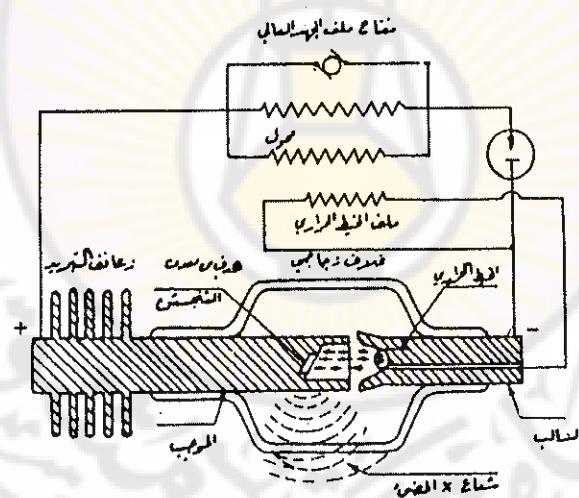


شكل رقم (3.14) ترتيب الإشعاعات الكهرومغناطيسية حسب أطوالها (سم)

- 1 - أشعة ملوك البنفسجي، 2 - أشعة γ ، 3 - أشعة X، 4 - أشعة كونية، 5 - مرنبي، 6 - إشعاع شمس، 7 - ما دون الحمراء، 8 - حزام إذاعي، 9 - مواقيع لا سلكية.

مبدأ توليد أشعة (X):

يتالف جهاز توليد أشعة (X) من عنصرين نحايين أحدهما سالب والأخر موجب موجودين في أنبوبة مفرغة الشكل (4.14)، يوضع في العنصر السالب ملف حراري، ويوضع في العنصر الموجب من التجستين، عندما يسخن الملف كهربائياً تتدفع كمية من الإلكترونات ذات الشحنة السالبة من القطب السالب نحو القطب الموجب، وباصطدام هذه الإلكترونات بمعدن التجستن تقف عن الحركة وتحول 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 الفائد، بينما تنتص باقي الموجات المبعثرة بالقطبين السالب والموجب والغطاء الرصاصي الذي يحيط بالأنبوبة.



شكل (4.14) جهاز توليد أشعة (X)

وتناسب شدة شعاع (X) مع كمية التيار المار في الملف الحراري الذي ينتج عنه زيادة في عدد الإلكترونات المندفعة ومن ثم تركيز في أشعة (X). أما طول موجة الشعاع فيتناسب عكسيًا 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 تغطى بطبقة معينة من الرصاص لتخفيف الأشعة النافذة ولتعطى تعرضاً منتظاماً.

ويتراوح جهد ماكينة أشعة (X) المستعملة في فحص مسبوكات الألミニوم والماغنيزيوم من (3000-150000) فولت. ويتوقف ذلك على مقاس المسبوكات، فستعمل في فحص مسبوكات الفولاذ التي تكون سماكتها حتى (50) مم ماكينات ذات جهد يتراوح بين (60000) إلى (250000) فولت. أما السماكات التي تصل إلى (125) مم فتحتاج إلى ماكينات 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 ماكينات 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 والسميك نفس التعرض، لذا نجد أن من السهلة التصوير بأشعة (γ) للمقاطع التي تتراوح من (25-100) مم.

٨.١٤- الاختبارات بالأمواج فوق صوتية:

٨.١٤- 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:

- ١- الحساسية العالية للأمواج فوق صوتية تسمح بالكشف السريع عن العيوب وأبعادها ومكان وقوعها في المسبوكة.
- ٢- قدرة كبيرة على نفاذ الأمواج فوق الصوتية في المعدن.
- ٣- الاقتصادية الرقابة بهذه الطريقة.

٨.١٤- خواص الذبذبات فوق الصوتية وبثها وتسجيلها:

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

يجرى بث الأمواج فوق الصوتية وتسجيلها بأجهزة تحويل كهربائية صوتية، وتشكل أساس هذه الأجهزة مادة سيراميكية ذات طابع خاص، تتمتع بظاهرة الضغط (الإجهادى) التي تخلص 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

الصفحة، ومن جهة أخرى تحت تأثير التشوّهات الميكانيكية تتشاء على السطوح المقابلة للصفحة الكهربائية الإجهادية شحنات كهربائية، هي عبارة عن تيار كهربائي متداوب ينتقل إلى أجهزة التسجيل الموافقة، وعلى هذا المنوال، فإن الصفحة الكهربائية الإجهادية تحول الطاقة الكهربائية إلى ميكانيكية (التذبذبات فوق الصوتية) وبالعكس، وتوغل هذه التذبذبات إلى داخل القطعة المراد فحصها بشرط أن يزال الهواء من بين سطحي التماس لجهاز البث والقطعة، ولهذا الغرض يتامن التماس الصوتي بين جهاز البث والقطعة المراد فحصها، وذلك عن طريق تغطية سطح القطعة بطبقة من الزيت المعدني أو شحم السوليديول أو الغليسرين الصناعي أو الماء وغير ذلك.

3.8.14 - الفحص بالصدى النبضي وبطريقة الظل:

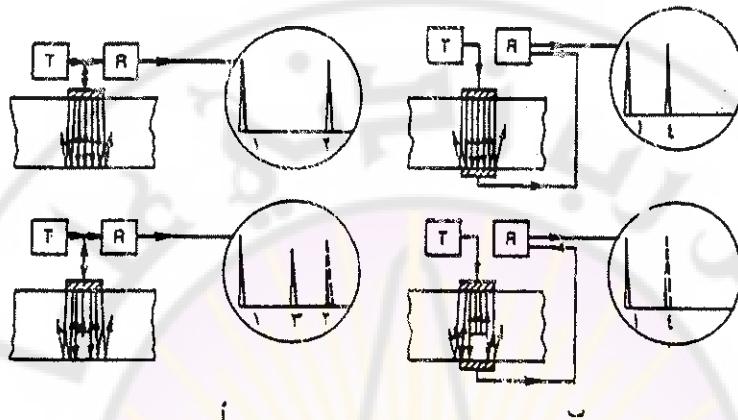
الفحص المسبوكات بالتذبذبات فوق الصوتية تستخدم بشكل رئيسي طريقة الصدى النبضي، ونادرًا ما تستخدم طريقة الظل وغيرها.

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

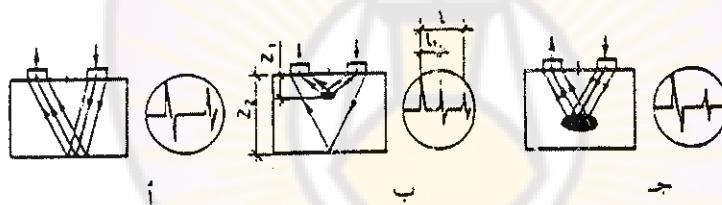
وتحصر طريقة الفحص بالصدى النبضي في تعریض القطعة إلى نبضات فوق صوتية قصيرة (1) من جهاز البث (T)، وتسجيل إشارات الصدى (2)، المنعكسة عن العيب والمواجهة إلى الجهاز المستقبل (R)، ويعتبر دليلاً وجود العيب ظهور النبضة (3) على الشاشة (شكل 5.14 ، ١).

وعند طريقة الظل يكون دليلاً 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 الأنابيب المهبطي، وتبدو على شاشة الأنابيب الإلكتروني المهبطي من اليسار إشارة السير (النبضة عد مخرج جهاز البث)، ومن اليمين إلى طرف المسح تبدو النبضة المنعكسة عن الجدار المقابل للقطعة (شكل 6.14 ، أ).



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



شكل رقم (6.14) مخططات النبضات في الأنابيب الإلكتروني المهبطي

أ- نبضة سابقة وقعرية. ب- نبضة سابقة ومنعكسة عن العيب، وقعرية.

ج- نبضة سابقة 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 بمحض النسبة $I_1/I = Z_1/Z_2$ (شكل رقم 6.14 ، ب).

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

وبالإضافة إلى الأنابيب الإلكتروني المهيمني فإن أجهزة الكشف الحديثة تزود بتجهيزات تنبئه إلى عن العيب بمؤشر ضوئي أو صوتي، كما ظهرت مؤخراً أجهزة كشف ذات تجهيزات لطبع الأرقام.

وتشتخدم طريقة الفحص بالصدى النبضي للمنتجات أكثر من طريقة الظل، لأنها تتقد 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 فولاذًا، أما التي تحتوي على كربون بنسبة أكثر من ذلك فتشتهر من الحديد الزهر، وفي الواقع، فإن نسبة الكربون في أنواع الفولاذ التي تنتج عملياً يندر أن تتجاوز 1.4% وكذلك نسبة الكربون في أنواع الزهر المصنور عملياً تتراوح بين 2.5-4.5% ويستخلص حديد الزهر في الأفران العالية (ويسمى عند صبه منها بتماسيع 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 مسروقات 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 أكسيدات الحديد، وهذه المواد تتكون عادة من السليكا (SiO_2) والألومنيا (Al_2O_3) وأكسيد الكالسيوم (CaO) وأكسيد المغنتيوم (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 أكسيد 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.

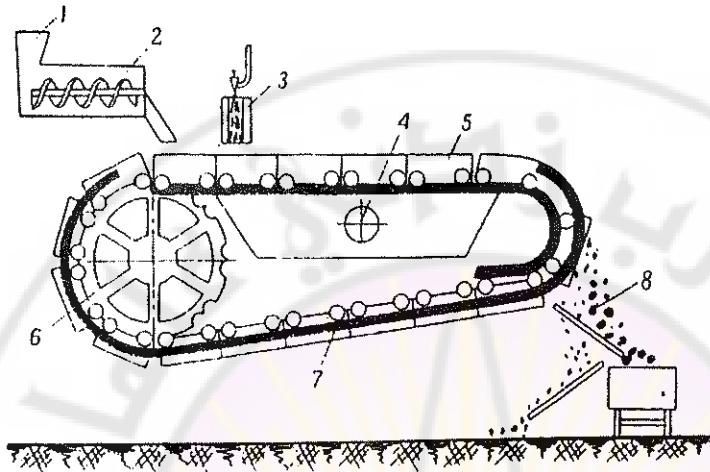
- **خام الهماتيت الأحمر**: وهو عبارة عن أكسيد الحديد غير المائي (Fe_2O_3)، وتتراوح نسبة الحديد في هذا الخام من 50-60% ولونه أحمر داكن، واختزاله أسهل بكثير من خام الحديد المغناطيسي.

- **خام الليمونيت (الهماتيت 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 والتلبيد، ويتوقف سير عملية الاستخلاص في الفرن العالي واستهلاك الوقود وجودة الزهر المستخلص على حسن تحضير الخام. ويتم التكسير في كسارات مخروطية أو وجيهية، ويفرز الخام المكسر على هزازات، أو في غرabil خاصة تفصل الأحجار الكبيرة عن الصغيرة، وهذه الأخيرة فيما بعد يجري تلبيدها، أي تجميعها وتسويتها إلى أحجار كبيرة.



شكل رقم (1.15) رسم تخطيطي لتركيب ماكينة تلبيد الخام

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

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

هذه العربات طبقة يصل سمكها إلى (250) مم من خليط ميل من الخام والوقود المفتت، ويشعل الوقود بواسطة مشعل، ويُسخّنُ 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 بدأ في الوقت الحاضر في تأسيس 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 والميدروجين، أما الأجزاء العاطلة فهي الرطوبة والرماد والكبريت، والكبريت وإن كانت تتولد عند اشتعاله حرارة، إلا أنه يعتبر مادة غير مرغوب فيها لأنه يسخن إلى خواص المعدن عند اختلاطه به، ويجب على وقود الأفران العالية أن يكون ذا حجم محدد، ومتانة كافية، ومقاومة جيدة للانسحاق، كما يجب لا 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 ونادرًا الفحم الخشبي.

3.15 - الكوك:

هو أهم أنواع الوقود المستعملة للصهر بالأفران العالية، ويحصل على الكوك بالتنقير الإلافي للفحم الحجري، ويجري 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. و kok دونيتسك (إحدى المصانع في روسيا) يحتوي على 85-87% كربوناً و 1.5-2.0% كبريتاً، و 5-9% ماء، و 10-13% رماداً، والقيمة الحرارية للكوك 7000-8000 كيلوكلوري/كج، وتبلغ مقاومته

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

2.3.15- الفهم الخاطئ:

؛ يحصل عليه بتحمير الخشب في أفران خاصة، والفحm الخشبي الجيد لونه أسود لامع، وتركيبه $80-90\% C$ ، $10-12\% H+O+N$ (ورماد من 0.6% إلى 1%)، وقيمة الحرارية $(6500-8000)$ كيلو كالوري / كيلوجرام.

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

3.3.15- الفاكس: (مساعدات الصير):

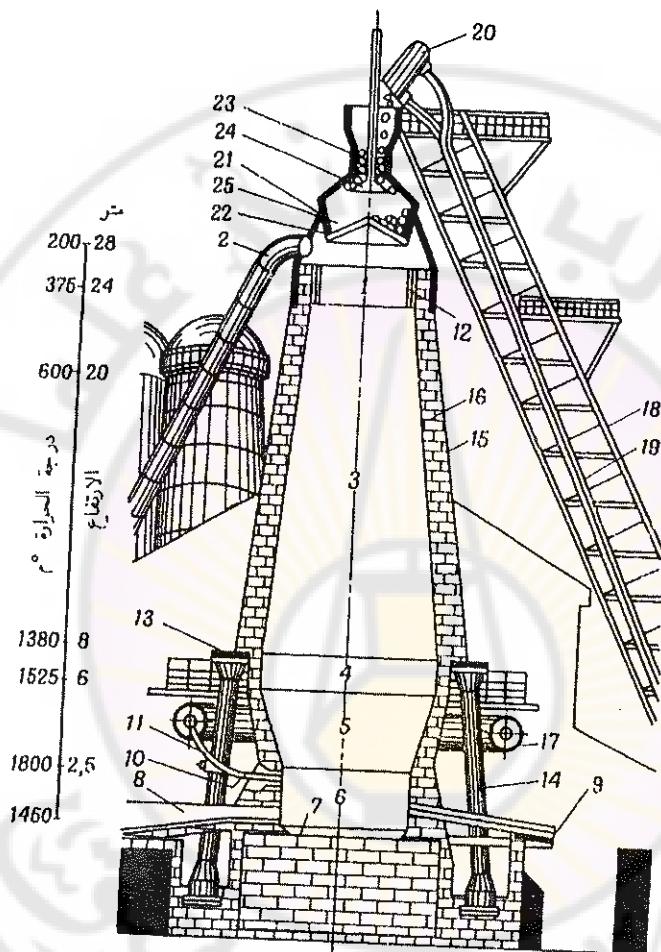
هو مواد معدنية توضع في الفرن العالي فتتحدد مع الشوائب للخام ورماد الوقود
مكونة خبثاً سهل الانصهار، وعند وجود شوائب رملية طينية في الخام يستعمل الحجر
الجييري كمساعد للصهر، أما إذا كانت الشوائب جيرية التكوين فتسـتعمل مساعدات
صهر من مواد تحتوي على السليكا والكوارتز والحجر الرمـني والكوارتزيت، ويكسر
الفلاكس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

4.15 - الفرن العالى وتركيبه:

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

اتساعاً (4) فيسمى بمنطقة الانصهار وتقع تحته الأكتاف (5)، ويليها الكور (6) وهو ذو شكل أسطواني، ويسمى قاع الكور (7خ) بالقعر، وعلى مستوى القعر توجد فناءة صب الزهر (8) تستخدم لخروج الحديد المنصهر وأعلى منها بقليل فناءة (9) لخروج الخبث المنصهر، وفي الجزء العلوي من الكور توجد على محيطه من (12) إلى (18) فتحة مركبة بها أجهزة (10) لنفخ الهواء (توبير)، وبطانة الفرن (16) مصنوعة من الطوب الحراري الشاموت، وتركيبه بالتقريب SiO_2 65-50 %، Al_2O_3 3-1.5 %، Fe_2O_3 3-1.5 %، والمفرن مغطى بخلاف 15 ملحوم أو مبرشم من لواح الفولاذ (الصاج)، وتتوسع في بطانة الكور القرميدي والأكتاف مواسير (مبردات) يجري فيها الماء باستمرار، ويرسل تيار من الهواء الساخن في أنبوبة الهواء 17 فيسير في الأكواع المثلثية 11 حتى يصل إلى فتحات دخول الهواء (التوبير).

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 إزالة الشحنة، ويُسخن الهواء الذي يدخل إلى الفرن العالي خلال فتحات الهواء (التوبير) في مسخنات للهواء عبارة عن أبراج (1) (شكل 3.15) مطبقة بالطوب الحراري ومحاطة من الخارج بخلاف (2) من الصلب وتوجد داخل البرج غرفة الاحتراق (3) وقلب من الطوب (4) به عدد من القنوات، وتمر خليط من ثاز الفرن العالي والهواء إلى المسخن خلال الماسورة (5)، ويشتعل هذا الخليط في غرفة الاحتراق وتخرج منها نوائح الاحتراق إلى القبة (6) ومنها تسير خلال قنوات القلب وتخرج من المدخنة إلى الجو، وبعد تسخين القلب (2-3 ساعات) توقف تغذية الخليط وتتقلل المدخنة، ويدفع في البرج خلال ماسورة (8) هواء بارد فيسخن عند مروره في القلب إلى درجة (800 م°) ويسير في الأنابيب (9) إلى مواسير الهواء الساخن المتصلة بالراسورة الحلقة للفرن العالي، وتستمر التغذية بالهواء الساخن لمدة ساعة تقريباً، وتقوم بتغذية الفرن من (3-5) مسخنات للهواء، تعمل على التوالي فيما بينها، أحدهما "يغذي" الفرن بالهواء الساخن والثانان الباقيتان في فترة "التسخين بالغاز".



شكل رقم (2.15) مقطع بالفرن العالي

1- قمة الفرن، 2- ماسورة خروج الغاز، 3- القصبة، 4- منطقة الصلب، 5- الاكتاف، 6- الكور، 7- الفعر، 8- قناة صب الزهر، 9- قناة الخبث، 10- التوبير (فتحات السهوا)، 11- كوع السهوا، 12- حلقات، 13- حلقة العلد، 14- مسد، 15- الغلاف الخارجي، 16- البطانة، 17- أليوسة، 18- رافعة عربات الشحن، 19- قضيب، 20- عربة شحن، 21- القمع الكبير، 22- المخروط الكبير، 23- القمع الصغير، 24- المخروط الصغير، 25- مواد الشحنة.

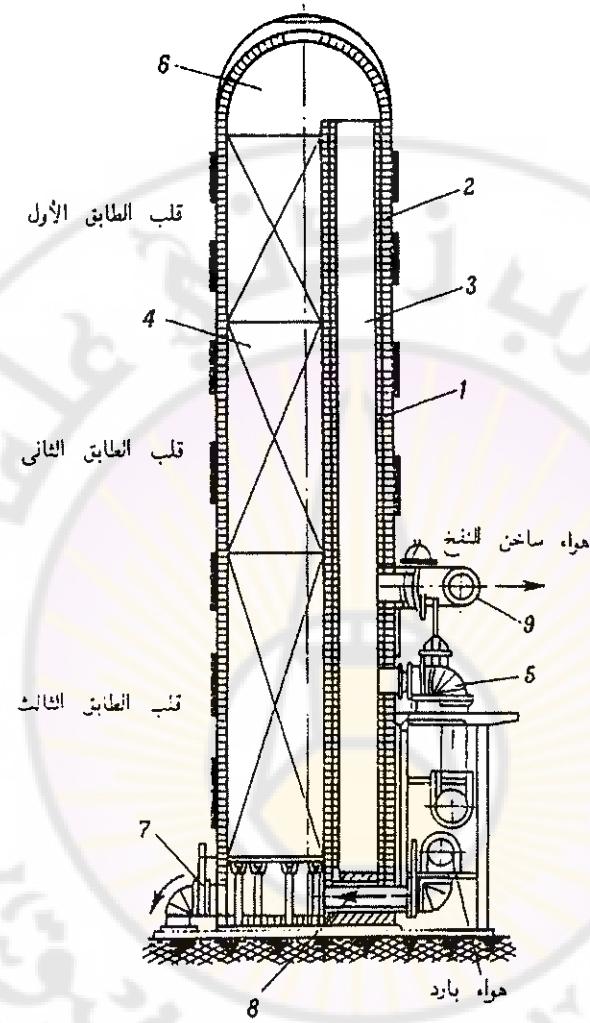
ويشغل في الفرن العالي الحديث في فترة 24 ساعة كمية ضخمة من المواد الخام ولهذا فجميع العمليات الخاصة بتجهيز الخامات وشحنها تتم ميكانيكياً كما أنها مزودة إلى حد كبير بوسائل الإدارة الأوتوماتيكية، ولكن يسير العمل في الفرن سيراً طبيعياً يجب أن تتحسب مقدماً نسب الخام والوقود والفلكس المجهزة، ويسمى خليط الخام والوقود والفلكس بالنسبة المحسوبة مقدماً "بالشحنة" وتنزل الشحنة في صنایع للاستقبال توجد بجانب، ومنها تنزل إلى عربات ميزان تحملها بعد الوزن على عربات صغيرة خاصة (السكيب) ترفع مع ما تحمله 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 و23)، وتشحن مواد الشحنة من العربة (20)، في القمع الصغير (23) وعندما يكون المخروط الصغير (24) مغلقاً، وعند إنزال المخروط الصغير تتساب المواد إلى القمع الكبير (21)، وبعد امتلاء هذا الأخير ينزل مخروطه (22) فتنزل 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 أتوماتيكي تماماً.

5.15 - عملية الاستخلاص بالفرن العالي:

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

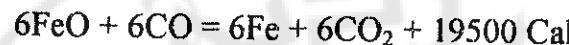
و عند احتراق الكوك ترتفع درجة الحرارة إلى 1600-1750 م°، ويتفاعل ثاني أكسيد الكربون المتكون مع الطبقات الجديدة من الكوك المتوجه فيختزل إلى أول أكسيد الكربون حسب التفاعل: $CO_2 + C = 2CO - 37.71 \text{Kcal}$



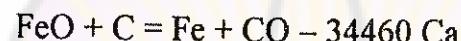
شكل رقم (3.15) مسخن الهواء

ويقصد الخليط الغازي المتوج، الذي يتكون من أول أكسيد الكربون CO وحامض الكربونيكي 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 اتفاك CO حسب المعادلة $\text{C} + \text{CO}_2 = 2\text{CO}$ ويتم اختزال الخام بواسطة الكربون حسب التفاعل الآتي:



وتبدأ القطع الكبيرة من الحديد المختزل في الانصهار فتكون كتلاً من الحديد المسامي، وفي منطقة الأكتاف عند درجة حرارة من 1100 إلى 1200 م تقرباً يختزل المنغنيز والسليلكون والفوسفور ثم تذوب هذه الشوائب في الحديد، ويتم تشبع الحديد بالكربون عند تكون كربيد الحديد حسب المعادلة:



ويذوب كربيد الحديد المكون 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 وسليلكون ومنجنيز وفوسفور وكبريت بالزهر، وتظهر في منطقة الأكتاف قطرات من الزهر المصهور تتتساب 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 الانصهار جدائماً، ويتفاعل مع المادة العاطلة (أو بانصهاره معها) الخبث، ويذوب في الحجر الجيري بتفاعلاته مع المادة العاطلة (أو بانصهاره معها) الخبث، ويكون الخبث الذي يحيط جزء من المواد الضارة (الكبريتية والفوسفورية) 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 العالى، ولما كان الوزن النوعي للخبث أقل من الوزن النوعي للحديد الزهر، فإن الخبث المتصهور يطفو فوق الحديد الزهر المصهور، ويخرج الحديد الزهر من الفرن العالى من الفناة السفلية المسماة بقناة الحديد الزهر (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، واستخراج الحديد يوقف تيار الهواء وتتقب سادة فناة حديد الزهر، فينساب الحديد الزهر المصهور في المزاريب إلى بوادق كبيرة مبطنة (ماخذ المعلم)، تسمى كذلك بالخلاطات، ويحمل فيها إلى مكان استعماله، ويزهب جزء كبير من الحديد الزهر في حالته السائلة إلى ورشة صهر الفولاذ، أما الجزء الباقي فيسبك في ماكينات السبك للحصول على حديد التماسيخ.

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

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

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

- 1) شحن الفرن بخام وكوك مجهزة بالأحجام المناسبة.
- 2) الاحتياط بدرجة حرارة عالية وثابتة بالأفران.

(3) استخدام أجهزة المراقبة والقياس الآوتوماتيكية لتسجيل دلائل سير العمل في الفرن. كما يوجه المجددون عنابة خاصة لمكنته العمليات التي تتطلب جهداً كبيراً وللأتمتة الكاملة للتحكم في الأفران العالية.

وقد بدء في السنوات الأخيرة في دفع هواء غني بالأكسجين إلى الفرن وذلك مما يزيد من إنتاجية الأفران العالية، وتزويد العمليات المتالورجية بالكمية الازمة 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، وبعد حديد الزهر الناتج الأساسي لعملية الصهر في الفرن العالي، وينقسم الحديد الزهر لفرن العالي حسب تركيبه الكيميائي واستعماله إلى حديد زهر للسباكه وحديد زهر للتحويل، وحديد زهر خاص، كما ينقسم حسب نوع الوقود المستعمل إلى حديد زهر الكوك وحديد زهر الفحم الخشبي.

- 1 - حديد زهر السباكة: يستعمل للحصول على مسبوكات زهر في ورش سباكة الزهر، ويتراوح تركيب زهر السباكة المنتج في الأفران العالية في الحدود الآتية: سليكون 1.25 - 1.35 %، منجنيز 0.5 - 1.3 %، فوسفور إلى 0.3 %، كبريت إلى 0.07 %، وترقم أنواع زهر السباكة وفق العيارات الدولية التي تحدد محتوى السيلikon وغيره.

- 2 - حديد زهر التحويل وهو الزهر الذي يتحول 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 متعددة مع الحديد ولها ذي 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 خاصية عند إنتاج الصلب وكذلك عند إنتاج المسبوكات من الزهر، وفي جدول 1.15 ترد تركيبات أنواع زهر التحويل وزهر السباكة وأنواع الخاصة من الزهر وكذلك سبائك الحديد المستخلصة في الأفران العالية.

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

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

-4 خبث الفرن العالي ويستعمل لإنتاج طوب الخبث وقتل الخبث والإسمنت الخبيث، كما يحصل من الخبث الحامضي على صوف الخبث الذي يستعمل كعزل حراري لرداة توصيله للحرارة.

-5 غاز الفرن العالي ويستعمل بعد تخليصه من الغبار كوقود لمسخنات الهواء والغلايات (المراجل) وغيرها من التركيبات الصناعية والنسب المتوسطة لمركباته هي: $\text{CO} \% 27$, $\text{CO}_2 \% 12$, $\text{H}_2 \% 2$, $\text{CH}_4 \% 0.50.5$, $\text{N}_2 \% 58$ ، وقيمة الحرارية نحو 1000 كالوري / m^3 ، وبعد هذا الغاز من الغازات الفقيرة في القيمة الحرارية.



الفصل السادس عشر
إنقاج الصلبـه (الفولاذ)

- 1 طريقة بسمـر.
- 2 طريقة مارـتن.
- 3 الصـهر الكـهربـائي.
- 4 صـب الفـولـاذ.



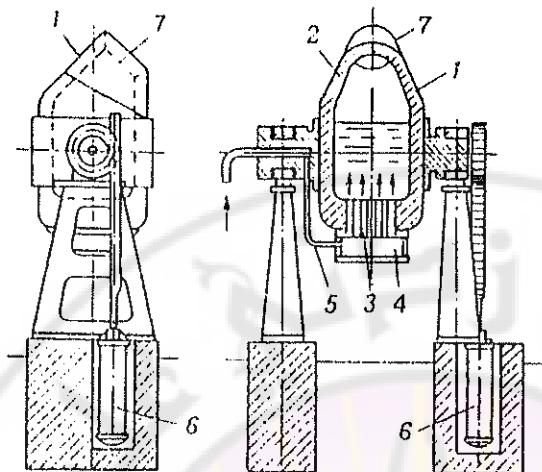
إنتاج الصلب (الفولاذ)

المادة الخام الأساسية لانتاج 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 باكسدتها في عملية التحويل، ومن الطرق الحديثة لانتاج 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 المatalورجي الإنجليزي هـ. بسمر في سنة 1855م، وهي مبنية على نفخ الهواء المضغوط خلال الحديد الزهر المصهور، المصبوب في وعاء خاص يعرف بالمحول Convertor والمتحول عبارة عن وعاء (1) كمثري الشكل (شكل 1.16) مبرشم من صنائع الصلب (الصاج) سمكها (15-30) مم، والتجويف الداخلي (2) للمحول مبطن بمادة مقاومة للحرارة (بطانة)، سمكها نحو (300) مم، والسعنة 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 لشحنـه 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 حامضية أو قاعدية حسب التركيب الكيميائي حديد الزهر المحول.

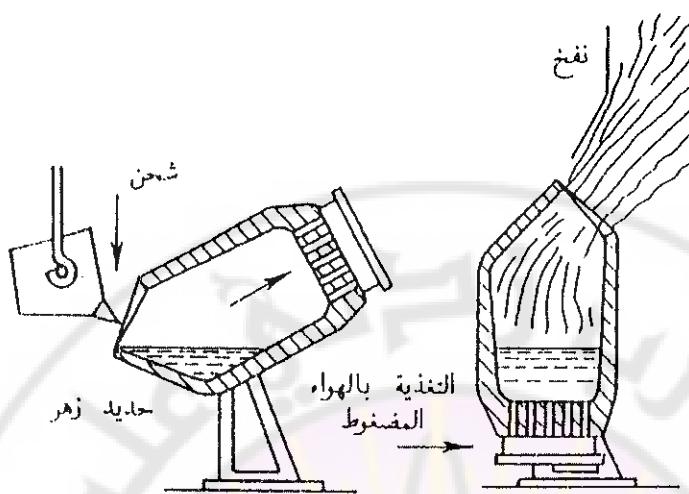


شكل رقم (1.16) رسم تخطيطي للمحول

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

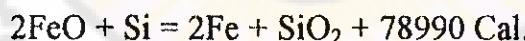
ولما كانت البطانة الحامضية تتآكل عند تعرضها لخبث القاعدي، فلا يمكن أن تحول بطريقة بسمر إلا أنواع الحديد الزهر السليكي التي تعطي خبثاً حامضياً، وبالإضافة إلى ذلك فإن الحديد الزهر المحول يجب أن يحتوي على أقل كمية ممكنة من الفوسفور والكبريت، لأنه لا يمكن تخليص الصلب من هذه المواد عند التحويل لعدم وجود خبث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

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



شكل رقم (2.16) المحول في وضع الصب ووضع التفخ

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

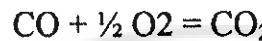


ويصاحب أكسدة السليكون تولد كمية كبيرة من الحرارة وارتفاع حاد لدرجة حرارة المعدن.

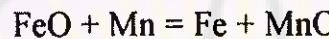
– المرحلة الثانية: وتبدأ عند ارتفاع درجة الحرارة إلى 1500 م°، مما يخلق الظروف الملائمة للاحتراق الشديد للكربون:



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

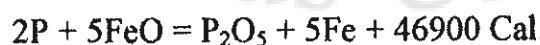


– المرحلة الثالثة: وتميز بظهور دخانبني داكن وهو الدليل على تأكسد شديد للحديد، وعندئذ توقف العملية ويدار المحول إلى الوضع الأفقى مع إيقاف تيار الهواء تدريجياً، ويحتوى المعدن بعد نفخ الهواء خلاله على كمية كبيرة من أكاسيد الحديد الذائبة التي تقلل كثيراً من جودته، ولاختزال الفولاذ تضاف سباائك الحديد كالحديد المنغنيزى مثلاً، ويتم الاختزال حسب التفاعل:

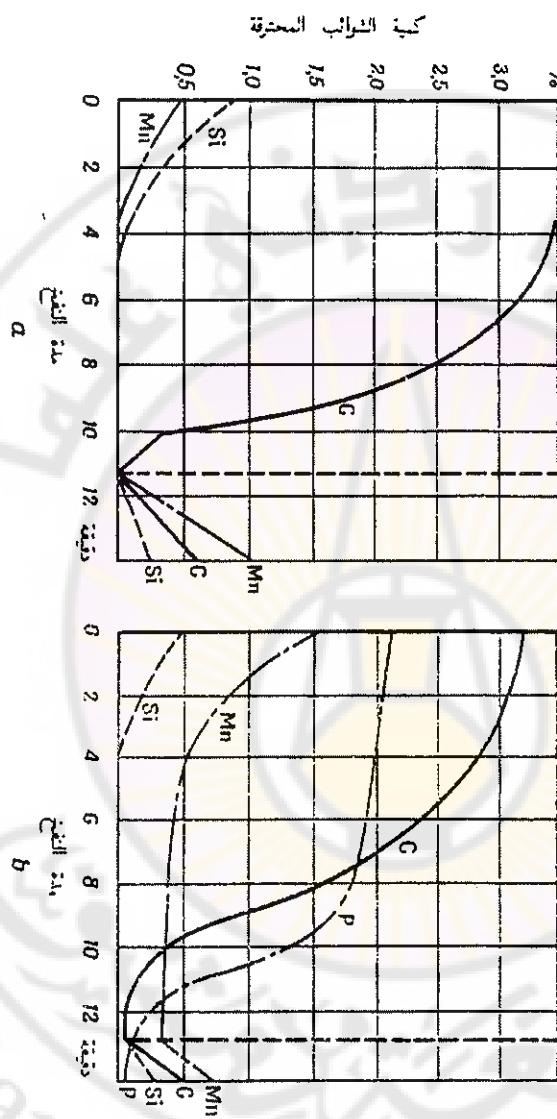
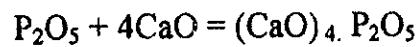


ويمكن الحصول على فولاذ يحتوى على النسبة المطلوبة من الكربون حسب كمية سباائك الحديد الزهر الخاص المصانفة. وتستمر عملية نفخ الهواء في المعدن 10-15 دقيقة، وبعد ذلك تؤخذ عينة للتحليل، ثم يصب الفولاذ الجاهز في بوتقة، وفي شكل 3.16 a منحنيات احتراق المواد المختلطة بالحديد في عملية بسم.

طريقة توماس: وقد اقترحاها في سنة 1878م الإنجلزى توماس، و تستعمل لتحويل حديد الزهر المحتوى على نسبة كبيرة من الفوسفور، وتصنع بطانة محول توماس من الدولوميت وهو مادة مقاومة للصهر تركيبها $MgCO_3 \cdot CaCO_3$ وسعة محول توماس أكبر بقليل من سعة محول بسم والسبب في ذلك هو ضرورة شحن المحول بالجير، ويشحن الجير قبل بدء العملية في المحول المسخن بكمية تقارب 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 القاعدى تتولد الحرارة اللازمة لتأكسد السليكون كما يحدث في العملية الحامضية ولكن نتيجة لاحتراق الفوسفور في المقام الأول، ويصاحب تأكسد الفوسفور تولد كمية كبيرة من الحرارة وارتفاع كبير لدرجة الحرارة:



ويتحد خامس أكسيد الفوسفور الم تكون 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 يقشط الخبث وتضاف المواد المختزلة، وتستمر العملية نحو (20) دقيقة، والخبث القاعدي يحتوي على (25%) تقريباً من خامس أكسيد الفوسفور ويستعمل كسماد زراعي.

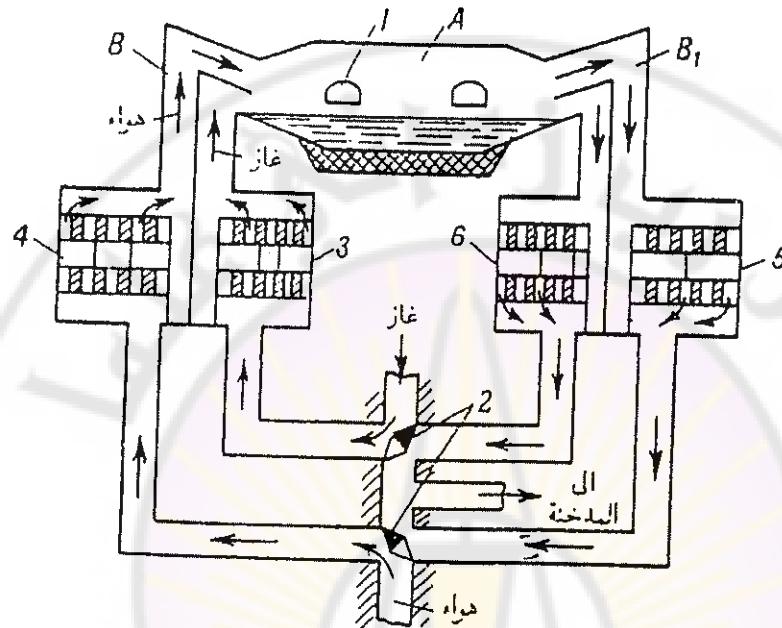
ويجب أن تحتوي في أنواع الزهر الفرن العالى المستعملة للتحويل القاعدي على نسبة صغيرة من السليكون (انظر الجدول (1.15) حديد الزهر (ت)، لأن السليكون يتاكسد عند الصهر إلى SiO_2 ويكون الخبث حامضياً يسبب تأكل البطانة القاعدية للمحول.

وتمتاز طريقة التحويل بارتفاع إنتاجية المحول وصغر حجمه وبساطتها وعدم الحاجة إلىوقود 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 والتاكسد الكبير للمعدن (5-10%) وصعوبة تنظيم العملية وجود نسبه كبيرة من أكسيد الحديد والأزوت في الفولاذ مما يخفض من جودته.

ويعتبر فولاذ المحولات من أنواع الفولاذ ذات الجودة العادية، ويستعمل لإنتاج صفائح الصلب والمواسير الملحومة والكمارات 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 الآوتوماتيكية التي تراقب وتنظم عمليات الصهر في المحولات يحسن نوعية الفولاذ كثيراً و يجعل هذه الطريقة في صهر الفولاذ أكثر تطوراً.

2.16 - طريقة مارتن لإنتاج الفولاذ :S. Martin

تتميز طريقة مارتن لإنتاج الفولاذ عن طريقة التحويل (بسمر) بكونها لا تسمح بتحويل الحديد الزهري (السائل أو حديد التماسيخ) فحسب، بل ويمكن بواسطتها كذلك إعادة صهر أجزاء الماكينات التي أصبحت غير صالحة للعمل والمتردمة في المصانع وكل الأنواع الممكنة من خردة 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، وموضع الشكل (4.16) تركيب فرن مارتن، ويكون 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 المصفوف على شكل يشبه القفص، والهدف منها استعمال الحرارة الزائدة في عمليات الصهر، وفي الوضع المبين بشكل (4.16) للصمamins (2) يسير الهواء والغاز في قنوات منفصلة إلى الرأس (B) ويمر الغاز بالمبديل الحراري (3) بينما يمر الهواء بالمبادل الحراري (4)، وعند خروج الخليط الساخن من الرأسين يشتعل مغطياً لهاً طويلاً زاحفاً يسخن حيز التشغيل بالفرن حتى (1200 م)، وتخرج النوافذ المتوجهة 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 يسخنا حتى (1100-1200 م) ويدخلان بهذه الدرجة إلى مكان تشغيل الفرن حيث يختلطان ويشتعلان فيرتفعان درجة حرارة الفرن إلى (1800 م)، وتخرج نوافذ الاحتراق من الفرن خلال الرأس (B) إلى المبادلات الحرارية (4، 3) حيث تسخن قلبيهما ثم تذهب إلى القناة المؤدية إلى المدخنة، وبعد (20-30) دقيقة يعاد الصمامان إلى الوضع السابق وتتكرر الدورة، وقد اقتص في الوقت الحاضر استخدام التحكم الآوتوماتيكي في النظام الحراري بالفرن، وتوضع لهذا الغرض في الأماكن الملائمة أجهزة تقوم بتسجيل درجة الحرارة، وتتصل تركيبة تشغيل صمامي تغذية الهواء والغاز آوتوماتيكياً بأجهزة تسجيل الحرارة مما يضمن تحقيق الظروف الحرارية المطلوبة.



شكل رقم (4.16) رسم تخطيطي لتركيب فرن مارتن

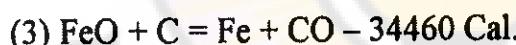
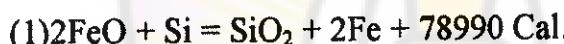
ويجري إخراج الفولاذ الجاهز خلال فتحات الخروج بل الحائط الخلفي للفرن (لا ترى بالرسم) وعند عمل الفرن بالوقود السائل يكون به مبادل حراري يان فقط لتسخين الهواء، وأفران مارتن يمكن أن تكون حامضية أو قاعدية، حسب نوع الطوب الحراري المستعمل للتطبيط وتصنع قبب وردوس الأفران الحامضية والقاعدية من الطوب الكرومى المنجنيزي، 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 الخردة، وتستعمل 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 تملئ كمية كبيرة من نفايات الإنتاج، ويكون تركيب الشحنة المحمولة في هذه الحالة من 60-80% خردة (نفايات الإنتاج، خردة المعادن الحديدية) و 20-40% من حديد التسبيح.

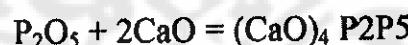
عملية الخام (قاعدية):

يصهر بهذه الطريقة الجزء الأكبر من الفولاذ المنتج جمبيه، وفي بداية العملية يلقى في الفرن المسخن بالدولوميت المحمص لتحميق قاع الفرن وجوانبه المائلة، وبعد ذلك تشحن المواد الصلبة بالشحنة بترتيب معين، وكذلك الجير اللازم لتحويل الفوسفور والكربون إلى خبث، وتم 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 ميكانيكيأً. وأثناء سير العملية يبدأ سطح المعدن المصهور في التأكسد بوساطة أكسجين غازات الفرن ويتقطع تدريجياً بطبقة من الخبث، ويدوّب أكسيد الحديد FeO المتكون في المعدن المنصهر ويتفاعل مع مواد الشحنة:



ويتحدد الجير الموجود بالشحنة مع P_2O_5 مما يساعد على تخلیص الشحنة من

الفوسفور:



وبالمثل فوجود كمية كافية من أكسيد الكالسيوم في الخبث يضمن تحويل الكربون إلى خبث:



وكمما 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 تقليل المعدن وخروج الغازات والتوزيع المتتساوي للحرارة على عمق حمام المعدن كلها، وتؤخذ أثناء سير العملية عينات عدة مرات يمكن منها الحكم على التركيب التقريبي للفولاذ، وفيما عدا العينات يجرى تحليل عاجل للمعدن والخبث يحدد تركيب الفولاذ الكيميائي بدقة خلال 3-5 دقائق، وقبل نهاية الصرن يزاح الخبث وتضاف المواد المختزلة. وللحصول على أنواع الفولاذ الخاصة (سبائكية) 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، والسلكون والمنجنيز وهي تحت وقاية الخبث، وسير العملية فيما يختص بأكسدة المواد المختلطة وتبادل الأكسجين شبيه بما أوضنه سابقاً، وتكون خواص الفولاذ المصهر في الفرن الحامضي أجدد بكثير من خواص الفولاذ المصهر في الفرن القاعدي، ولكن ضرورة استعمال الشحنات النقيّة ترفع كثيراً 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) طناً من الفولاذ الجيد لكل متر مربع من أرضية الفرن كل 24 ساعة، وقد تمكّن المتألورجيون من استعمال الأكسجين في إنتاج الفولاذ في أفران مارتن مما رفع كثيراً من إنتاجية الأفران، وتسرير عملية مارتن سيراً هادنا بالمقارنة مع عملية التحويل كما أنها تسمح بالحصول على فولاذ كربوني وفولاذ سبائك ذي جودة عالية، وتركيب كيميائي يتطابق تماماً التركيب المطلوب، والفولاذ المارتي وإن كان يقل من الفولاذ المنتج بالأفران الكهربائية في

كثافته وتماثل 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 كالسلاك الحديدية والباري والمعدنة المدنية... إلخ.

3.16- الصهر الكهربائي:

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

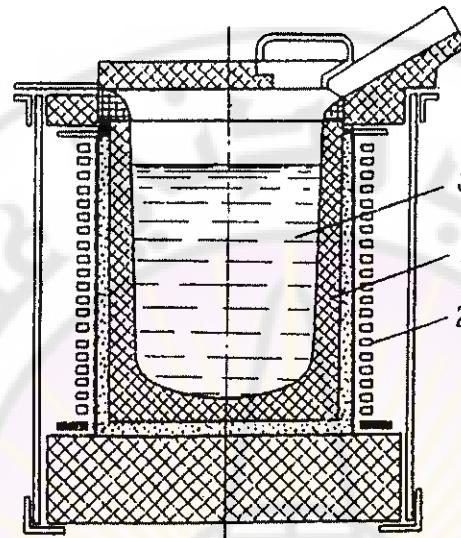
وتعمل الأفران الكهربائية الصناعية أما بالحث (التحريض) الكهربائي وإما بالقوس الكهربائي.

3.16- الأفران الكهربائية بالحث: (التحريضية Induction):
في شكل 5.16 رسم لفرن كهربائي بالحث (بدون قلب) يعمل بتيار تردد 500-2000 ذبذبة / ثانية.

فحول البوتفة 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، ونظرأً للسرعة الكبيرة للعملية لا يجد المعدن فرصة للتآكسد 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

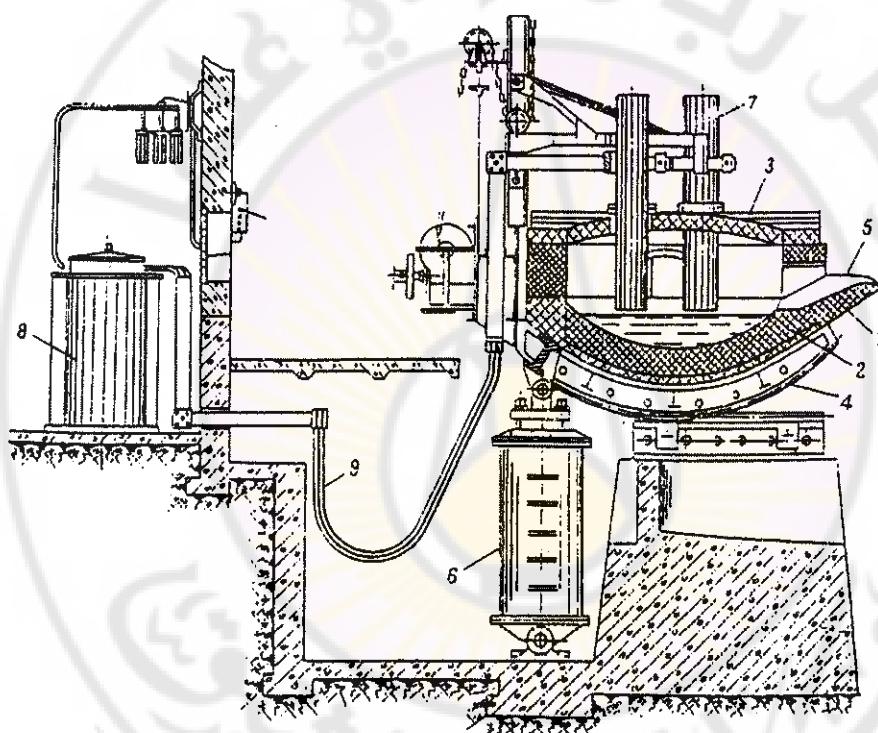
- البوقة المقاومة للحرارة، 2- مفاعل حاث، 3- المعدن

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 بوساطة بالحرارة المتولدة عن القوس المتكون، أما في الأفران ذات القوس غير المستقل فيجري صهر المعدن حرارة القوس الكهربائي المتكون بين الأقطاب وحمام المعدن، وقد انتشر استعمال هذه الأفران لصهر الفولاذ والسباكه 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

الديناس، وفي الأفران القاعدية من الماجنزيت، وتصنع قبة الفرن (3) من الطوب الديناسي بحيث يمكن خلعها، ويركب الفرن لسهولة صب المعدن على مهاري مقوسة (4)، ويجرى الصب بالمزراب (5) باستعمال التوصيلة الكهربائية أو الهيدروليكيّة (6) التي تقوم بإمالة الفرن، وتصنع الأقطاب (7) متحركة، وهي إما من الكربون أو الجرافيت، وتنذى الأقطاب بالتيار من محول (8)، بواسطة كابلات مرنة (9) وتحتل سعة أفران القوس إلى (180) طناً.



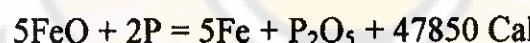
شكل (6.16) فرن القوس الكهربائي

وتضم الشحنة عند صهر الفولاذ في أفران القوس الكهربائي الخردة والزهر وخام الحديد والفلكس والمواد المختلطة 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، و تستعمل كمواد مختلة الحديد السليكي (الفروسلیکون) والحديد المنجنيزي (الفرومنجنیز) والألمانيوم، ويضاف الحديد الكرومسي (الفروکروم) والحديد النيكيلي (الفرونيکل) وال الحديد الولفرامي (الفروولفرام) وإلخ للحصول على فولاد سبائكى، وينتج في الأفران ذات البطانة الحامضية فولاد عالي الجودة باستعمال شحنة نقية خالية من الفوسفور والكبريت بقدر الإمكان. أما في الأفران القاعدية فينتج فولاد (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 الفولاد 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 بخث قاعدي يتكون من الجير والسبار القابل للانصهار ثم يضاف الكوك المفت، ويجري اختزال المعدن وتحويل الكبريت إلى خبث حسب التفاعلات الآتية:



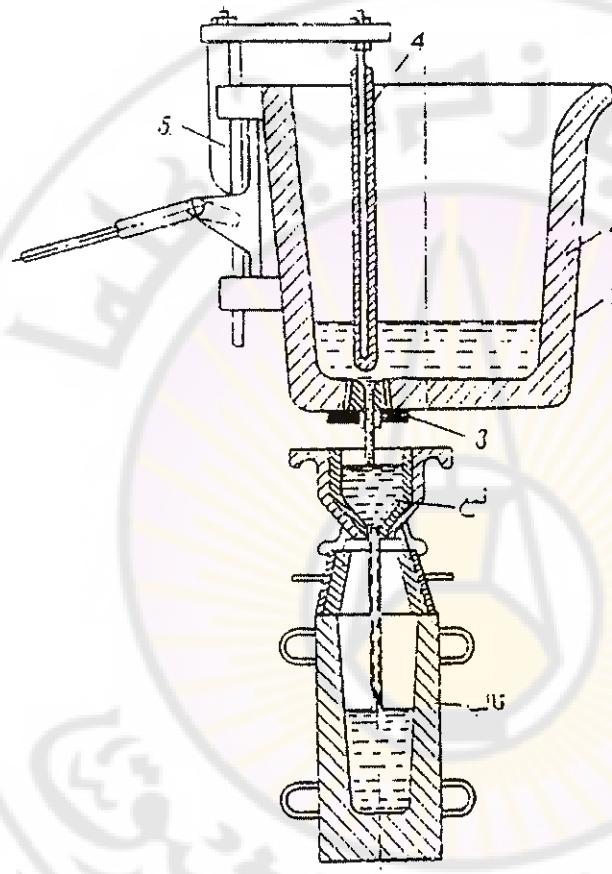
بعد قشط الخبث يضاف خبث جديد وتكرر هذه العملية حتى يتم التخلص من الكبريت كله تقريباً.

ولاختزال الفولاذ نهائياً تضاف سبائك حديد، فإذا كان المطلوب هو الحصول على فولاذ سبائكى تضاف سبائك حديد تحتوى على نسبة عالية من عناصر الإشابة المطلوبة، وتؤخذ عينات في أثناء سير العملية وقبل صب الصلب يحكم منها على مدى نضوج الفولاذ ومطابقته للتركيب الكيميائى 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 السبائكى والفولاذ العالى 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 سكبها في قوالب خاصة، وبودقة الصب (شكل 7.16) عبارة عن وعاء (1) من الصلب المبرشم، مبطن بالطوب الحراري (2) وفي قاع البوقدة فتحة مستديرة يركب بها كوب (3) من الطين الحراري، وتنقل فتحة الكوب بسدادة مصنوعة من مادة مقاومة للحرارة، مثبتة بذارع الإغلاق (4)، وتركيبة (ميكانيزم) وتركيبة الإغلاق (5) مثبتة على الغطاء من الخارج، وتحمل البوقدة إلى مكان الصب بواسطة الأوناش المعلقة.

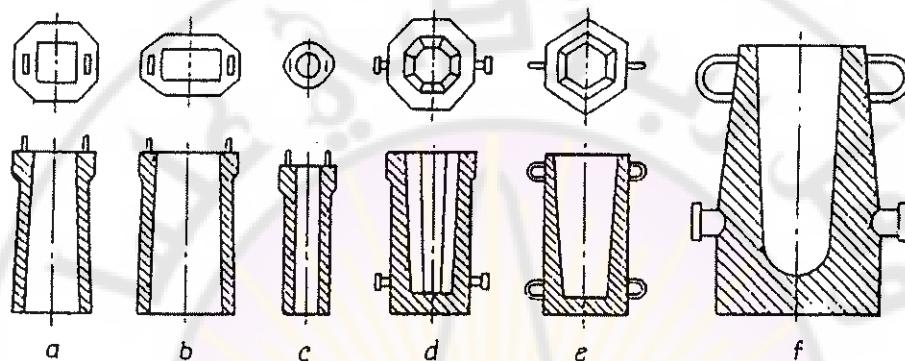
أما القالب فيصنع من الزهر، وأحياناً من الصلب بقاع أو بدون قاع، ويصنع القالب مسلوباً من إحدى الجهتين لتسهيل إخراج الصبة (الكتلة المصبوغة)، وبشكل 8.16 مبينة أنواع من القوالب ذات المقاطع المختلفة.



شكل 7.16 بودقة الصب

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

الصلب بأنه يصب قبل أن يتم احتزالة الكامل فعند انخفاض درجة الحرارة يتفاعل جزء من الكربون مع أكسيد الحديد المتبقى: $\text{FeO} + \text{C} = \text{Fe} + \text{CO}$ والصلب الفوار أرخص من الهدى، كما أنه يعطي كمية أكبر من المعدن ويتوفر في المواد المختلسة، إلا أنه أقل في جودته من الصلب الهدى بكثير.

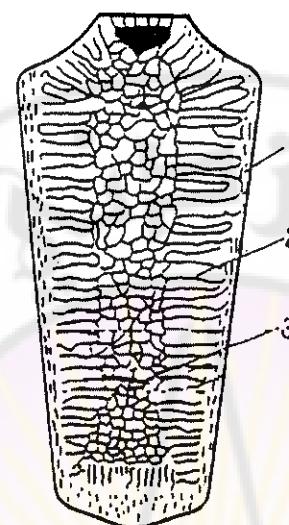


شكل رقم (8.16) أنواع قوالب الصب

a، b - للصبب المستعملة للدلفنة، c - للمواشير، d، e، f - للمطروقات.

بنية مصبوغات الفولاذ:

لا يبرد الفولاذ المصبوغ في قالب الصب بانتظام ويبين الشكل (9.16) بنية الصبة، فعند تلامس المعدن السائل بحوائط القالب يبرد المعدن بسرعة، مكوناً طبقة رقيقة متراكفة (1) من البلورات الدقيقة ذات الاتجاهات المختلفة ويجري التبريد في اتجاه مركز الصبة ببطء، ويكون نمو البلورات في غالبيته في اتجاه عمودي على جدران القالب، وتسمى البلورات المكونة بالبلورات (2) العمودية (تشبهها بالأعمدة). في الجزء المحوري من الصبة فإن التبريد يكون أكثر بطئاً، ولما كانت الحرارة تتسرّب في مختلف الجهات فإن هذا الجزء من الكتلة (3) يتكون من بلورات متباينة دون ترتيب معين.



شكل رقم (9.16) مقطع تخطيطي لصبة من الصلب

الفصل السابع عشر إنقاج المعادن غير المعدنية

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



جامعة دمشق
Damascus University

إنتاج المعادن غير الحديدية

من المعادن غير الحديدية، المستعملة على نطاق واسع في الصناعة، النحاس والألمنيوم والقصدير والزنك والرصاص والنikel والمغنتيزيوم، ويفسر استعمال المعادن غير الحديدية وسبانكها بأن بعضها خواص قيمة، كجودة التوصيل الكهربائي والحراري ومقاومة الصدأ وصغر معامل الاحتكاك ... الخ

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- بيريت النحاس، أو الهالكوبيريت $Cu_2S \cdot Fe_2S_3$ وهو أكثر خامات النحاس انتشاراً.

2- الهاكوزيت Cu_2S

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

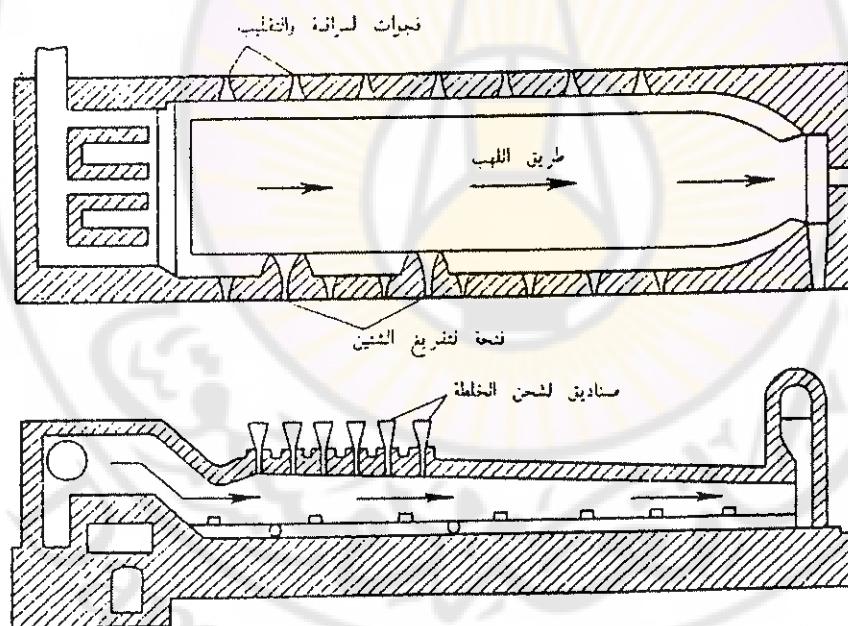
4- الكوبيريت، خام أكسيد النحاس Cu_2O ويعتبر من الخامات الفقيرة.

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

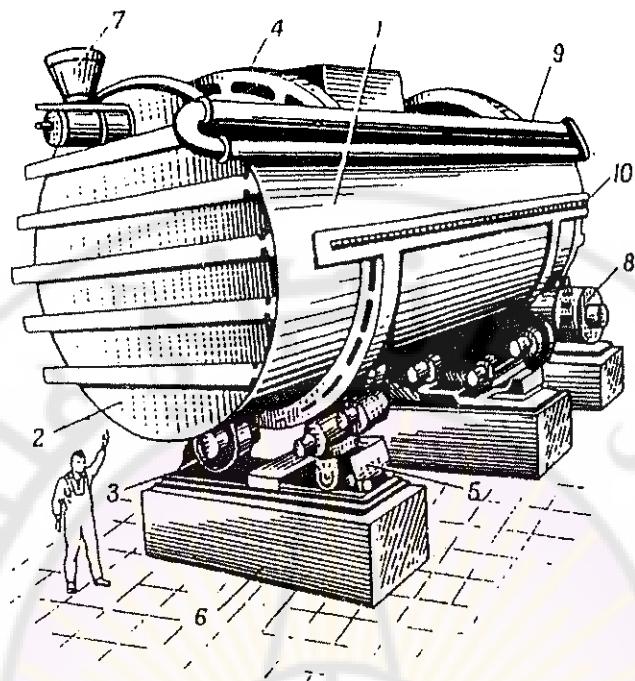
١.١.٧- الطريقة الجافة (البيرومتوالورجية) لاستخلاص النحاس:

وتتكون هذه الطريقة من العمليات الآتية:

- ١- تركيز الخام.
- ٢- التحميص.
- ٣- التحويل إلى نحاس صخري.
- ٤- الحصول على النحاس غير النقي.
- ٥- التنقية.



شكل رقم (١.١٧) رسم تخطيطي للفرن العاكس



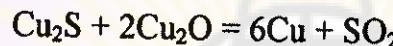
شكل رقم (2.17) محول اسطواني لتنفس النحاس الصخري

- 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 التعوييم في طواحين ذات كرات حتى يصل حجم جسيماته إلى $0.5-0.05$ مم وبعد ذلك يحمل في ماكينة الطفو المملوءة بالماء، فتبدأ جزيئيات الخام الكبريتني المفتتة التي لم تبتل بالماء في الصعود إلى السطح أما جزيئيات المادة العاطلة فترسب على القاع، وللإسراع بطفو جزيئيات الخام الكبريتني تضاف كمية صغيرة من زيت البترول إلى الخام كما ينفع الهواء خلال الماء، فلتتصق فقاعات الهواء المتكونة بجزيئات الخام، وتصعد معها على شكل زبد يقشط ويزال منه الماء.

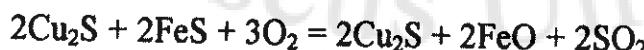
2- التحميص: ويتم بتحميس الخام المركز لتقليل نسبة الكبريت به ولتحويل بعض كبريتيد النحاس وال الحديد إلى أكسيد، وعند التحميص تزال كذلك بعض الشوائب الضارة بالخام كالزرنيخ والأنثيمون، ويتم التحميص في أفران خاصة بها عدة أقباء في درجة حرارة 800-1000 م.

3- التحويل إلى نحاس صخري: ويجري الصهر إلى نحاس صخري (شتين) في أفران أسطوانية أو أفران عاكسة، ويستعمل الفرن الأسطواني (ذو القميص المائي) عندما يكون الخام على شكل قطع كبيرة، ويعمل الفرن العاكس (شكل 1.17) بوقود صلب (مسحوق) أو وقود سائل أو وقود غازى، وتصل درجة الحرارة في هذه الأفران إلى أعلى من 1000 م، ويجري 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 نقى: يجرى التحويل في أجهزة كمثيرة أو أسطوانية (الشكل 2.17) ذات تيار هواء جانبي، ويمكن تمييز مرحلتين للتحول، ففي المرحلة الأولى عند نفخ الهواء يتآكسد الحديد حسب المعادلة:



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

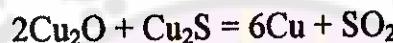


ويقشر الخبث المتكون (FeSiO_3)

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



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



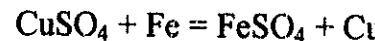
ويحتوي النحاس غير النقي الناتج على شوائب بنسبة نحو 2%.

-5- تنتقية النحاس (التنقية من الشوائب الضارة) وتنم إما بالطريقة الحرارية أو بالطريقة الكهروكيميائية، وتجرى 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 مصدعية 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 (الهيدرومتوولوجية):

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)، وتجرى 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 أعلى، ويعامل الخام المركز بمحلول مخفف من حامض الكبريتيك، وينتلو ذلك

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



ويعاد صهر النحاس الناتج في أفران لهيبة ثم ينقى.

2.17 - إنتاج الألمنيوم Al :

بعد البوكسيت المادة الخام الرئيسية للحصول على الألمنيوم، والبوكسيت صخر معندي مركب يحتوى على هيدروكسيد الألمنيوم Al(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):

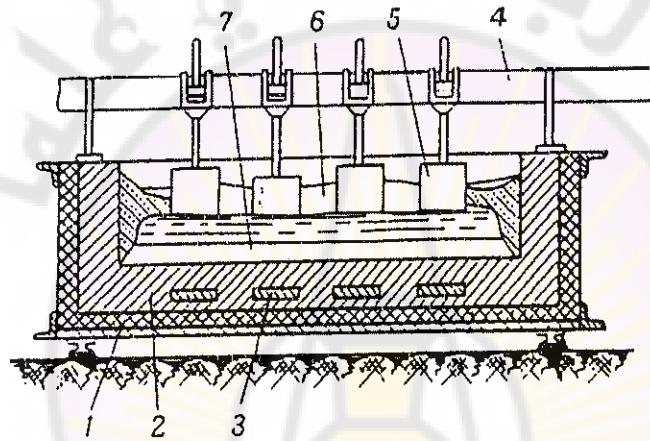
وفيها يعامل الخام الذي يحتوى على كمية صغيرة من السليكا بالمواد القلوية لتحويل هيدروكسيد الألمنيوم إلى ألومنيات الصوديوم:



وتذوب الألومنيات الناتجة في الماء أما أكسيد الحديد والكالسيوم والنيتانيوم فإنها تكون رواسب صلبة غير قابلة للذوبان تفصل على المرشحات الكابسة، ويجري المحلول المائي المرشح لألومنيات الصوديوم إلى أحواض بها قلابات حيث يتحلل محلول بواسطة التحليل الكهربائي فينفصل منه راسب صلب من هيدروكسيد الألمنيوم:



ويرسل الراسب المرشح المغسول إلى الفرن حيث يتحول عند درجة 1300 م° إلى أكسيد الألمنيوم غير المائي Al_2O_3 وقد حظى استعمال الطمرق الفلورية لإنتاج الألومنيات بواسع انتشار.



شكل رقم (3.17) حمام لتحليل الألومنيا

إنتاج الألمنيوم بطريقة التحليل الكهربائي:

يتلخص الحصول على الألمنيوم من الألومنيا في تحليل أكسيد الألمنيوم (كهربائياً) في حمام من الكريولييت AlF_3NaF المصهور إلى مكوناته، ومن خواص الكريولييت AlF_3NaF ، القدرة على إذابة الألومنيا وهو بالإضافة إلى ذلك يخض 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)، وتوصى المهابط الإطارية (3) المدفونة في القاع بالقطب السالب لمصدر التيار، أما إطار المصعد (4) فتوصى به الأقطاب الكربونية (5) المدلاة في الحمام، وقبل بدء التحليل الكهربائي تثثر على قاع الحمام طبقة رقيقة من الكوك المقفت ثم تنزل الأقطاب حتى تتلاصس معها ويوصى التيار، وعندما تسخن الطبقة الكربونية إلى درجة الاحمرار يدخل الكريولييت وبعد انصهاره تشحذ الألومينا (6) بما لا يزيد عن (15%) من الكريولييت بالحمام، وعند هذه النسبة للأملالح تكون درجة حرارة محلول من (950 - 1000 م)، ومع تحلل الألومينا يتجمع الألمنيوم (7) المختزل على قاع الحمام وتضاف الألومينا لتعويض التحلل.

وتوصى 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 لانتاج طن من الألمنيوم نحو 2 طن من الألومينا، و(0.6) طن من الأقطاب الكربونية (المصعد)، و(0.1) طن من الكريولييت ومن (16000) إلى (19000) كيلوات ساعة من الطاقة الكهربائية. وينقى الألمنيوم الناتج لتخلصه من جزيئات الكريولييت 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 المسماى 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 عاطلة (كوارتز وفلورسبار) وشوائب، وتصل نسبة القصدير إلى 2-6% في الخامات المسممة بالخامات (الغنية) فقط، ويجرى على الخام المستخرج التركيز والتحضير، وبعدها

يصهر الخام المركز لاختزاله في أفران عاكسة حيث يختزل ثانى 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

يستخلاص الزنك (الخارصين) التوتيا، من خامات الزنك، ويعتبر البلند الخارصيني ZnS أهم خامات الزنك، ويحتوى عادة من 30-50% خارصين، ويجري الحصول على الزنك بطرقتين: بطريقة التقطر (البيرومنالورجية) وبطريقة التحليل الكهربائي (الهيدرومنالورجية)، 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 الواح الرصاص والمهبط من ألواف الألミニوم، ويتربس الزنك في عملية التحليل على المهبط، ويصهر الزنك المهبطي في أفران عاكسة ذات جو مختزل يقى المعدن من التأكسد، ويحتوى الزنك المصبوب في كتل على 99.95% من عنصر الخارصين.

5.17 - إنتاج الرصاص : Pb

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

المبدئي في أفران عاكسة لتحليل كبريتيد الرصاص PbS وتحويل الرصاص إلى
كبريتات $PbSO_4$ ويمكن بواسطة التحميص الثانوي التخلص تماماً من الكبريت
والحصول على PbO , ويختزل الرصاص عند الصهر في أفران أسطوانية بواسطة
كربون فحم الكوك حسب المعادلين:



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

المراجع العلمية

- 1- تكنولوجيا إنتاج المصبوّبات: ت. د. تيتوف، ي. آ. ستيبانوف، "ماشينوستراينيَّة" موسكو، 1974.
- 2- سباكة المعادن، د. سلمان السعيفيني، 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 التهضنة 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- الميتالورجِيَا العامة: ب. كوزمين وأخرون، 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. كلينغ، أوكسفورد، 1994.
- 11- تكنولوجيا المعادن: أ.ن. كلاديلين، براغ، 1955.
- 12- السباكة (III): بريبيل، براغ، 1969.



المصطلحات الفنية (العلمية)

A

| | |
|--------------------------|-----------------------------|
| Allowance. | .تسامح. |
| Abrupt changes. | .تغيرات فجائية. |
| Alloy. | .سيكة. |
| Alloy steel. | .صلب سبائكى (فولاذ سبائكى). |
| Alloying element. | .عنصر سبائكى. |
| Annealing. | .تحمير حراري. |
| Auxiliary air cylinder. | .أسطوانة هواء مساعدة. |
| Axial. | .محوري. |
| Air ramming. | .الررك 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. | ببخة (الفجوة شاربة). |
| Blower | منفاث. |
| Blade | ريشة. |
| Bar | قضيب. |
| Base metal | معدن الأساس. |
| Batch furnace. | فرن دفعه. |
| Bell-type annealing furnace. | فرن تحمير أسطواني دوسير. |
| Bessmer converter. | محول بسمر. |
| Blond riser. | مصدع مسدود (مذدي 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. | الصلب 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 | سخام الكربون. |
| Charge. | شحنة. |
| Core box. | صندوق قلوب. |
| Clay. | (طين طفل). |
| Coke. | فحم كوك. |
| Crucible-furnace. | فرن ذو بوائق منفصلة. |
| Casting. | صبوبة (مبوبكة). |
| Cold-chamber machine. | مكينة ذات غرفة باردة. |
| Calcium carbide. | كربيد الكالسيوم. |
| Capillary attraction. | تجاذب شعري. |

| | |
|------------------------|---------------------------------------|
| Cavity. | فجوة. |
| Centrifugal compating. | تمبيح بالطرد المركزي. |
| Centrifugal force. | القوة الطاردة المركزية. |
| Ceramics. | المواد الخزفية. |
| Chemical analysis. | تحليل كيميائي. |
| Compacting. | تمبيح (الضغط). |
| Compressed air. | هواء مضغوط. |
| Compressibility. | قابلية الانضغاط. |
| Container. | وعاء. |
| Contraction cavity. | فجوة تقلص. |
| Cooling bank. | فرشة تبريد. |
| Corrosion. | تأكل 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. | موطن القلب. |

| | |
|--------------------------------------|--------------------------|
| Chaplets. | حوامل القلب. |
| Charging door. | باب الشحن. |
| Cheek flack. | ريزق وسط. |
| Cleaning castings. | تنظيف المسبوكات. |
| Close mould. | قلل القالب. |
| Core blowing. | إعداد القلب بالنفخ. |
| Core drier. | محمصة القلب. |
| Core drying. | تحميص القلب. |
| Computing charge. | حساب الشحنة. |
| Conveyor. | ناقل. |
| Core assembly. | تجميع القلب (الدللك). |
| Core making. | صناعة القلب (الدللك). |
| Core sand. | رمل القلب (الدللك). |
| Core production and handling. | إنتاج القلوب ومتناولتها. |
| Contractio shrinkage. | انكماش التقلص. |
| Cell-stucture. | 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.

تجدد موجة.

Dirt inclusion.

احتواء الشوائب.

Dowel pins and holes.

بنوز وتنوب الدسر.

Down-pour gate.

مصب سفلي.

Draft.

سلبية.

Dry permeability.

النفاذية للقالب الجاف.

Dry sand core.

قلب رملي محمض.

| | |
|--|---|
| 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 متiamond. |
| 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. | طاردات (لواظ). |
| Evolution of design. | تطور التصميم. |

F

| | |
|--------------------|---------------------------|
| Flask. | إطارات ساند (ريلق). |
| Foundry. | مسبك. |
| Fibres. | الياف. |
| Flux. | مساعد صهر. |
| Fire clay. | طين حراري. |
| Flame. | لهب. |
| Flow. | أنسياب — 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 الانهاء/. |
| Flowability. | قابلية الجريان /السيلان/. |
| Feeder to avoid shrinks. | مغذي لتجنب التقلصات. |

G

| | |
|------------------------|---------------------|
| Green sand. | رمل أخضر. |
| Gate. | مصب. |
| Graphite. | جرافيت. |
| Gauge. | مدك — مقاييس. |
| Grinding machine | مكينة تجليخ. |
| Grain. | حبيبة. |
| Grain growth. | نمو الحبيبات. |
| Graphite-mold casting. | صب في قوالب جرافيت. |
| Gaggers. | شناكل. |
| Gama-ray inspection. | تفتيش بأشعة جاما. |
| Gate cutter. | أداة قطع المصب. |
| Gated patterns. | نموذج عنقودي. |
| Grain distribution. | توزيع الحبيبات. |

| | |
|---------------------------|--------------------------|
| Grain shape. | شكل الحبيبة. |
| Grain size. | مقاس الحبيبة. |
| Graphite flakes. | فشور الجرافيت. |
| Goodw neck injector tube. | أنبوبة الحقن رقبة أوزة. |
| Grain fineness number. | رقم درجة نعومة الحبيبات. |
| Grinders. | مكнатات جلخ. |

H

| | |
|----------------------|-----------------------|
| Hot-chamber machine. | مكينة ذات غرفة ساخنة. |
| Heat resistant. | مقاوم للحرارة. |
| Hair-line cracks. | شدوخ شعرية. |
| Hardness. | صلادة — قساوة. |
| Heate treatment. | معاملة حرارية. |
| Heating rate. | معدل التسخين. |
| High-carbon steel. | فولاذ عالي الكربون. |
| Homogeneity. | تجانس. |
| Homogeneous. | متتجانس. |
| 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 بخار هيدروليكي. |
| Hot spot formed by bosses. | صرر تسبب بقاعاً حارّة. |
| I | |
| Impurities. | شوائب. |
| Inclusions. | متضمنات / محتويات /. |
| Induction furnace. | فرن حث كهربائي / تحربي /. |
| Internal defect. | عيوب 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 منظم. |
| 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 التوالب. |

L

| | |
|------------------------|----------------------------|
| Lamination. | تفصيم 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. .النقد والاكتساب.

Litharge. أول أكسيد الرصاص.

M

Mould (mold). قالب.

Metal casting. صب المعادن.

Mold cavity. فجوة قالب.

Moulding machine. مكينة 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. قوالب.

Magnetic pulley separator. طارة فصل بالمنطقة.

Malleable iron. حديد طرق.

Mach plate. لوحة تطابق.

| | |
|----------------------------------|-------------------------------|
| Metal insert. | حشوة معدنية. |
| Milling stars. | نجوم الطحن. |
| Moisture. | رطوبة. |
| Moulding floor. | أرض تشكيل القوالب. |
| Muller. | داهوكه / دو لا ب طحن /. |
| Mudding cores. | دهان (طبقة حرارية) للقلوب. |
| Magnetic particla inspection. | تفتيش بالذرارات بالمغناطيسية. |
| Machining allowances. | تسامحات التشغيل. |
| Mold shake-out. | تكسير القوالب. |
| Molding processes and materials. | طرائق إعداد القوالب والمواد. |
| Neck. | رقبة. |
| Nozzle. | فوهة. |
| Nochel alloys. | سبائك النيكل. |
| Norferrousmerals. | 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 عجينة. |
| Pouring spout. | . فوهة صب. |
| Permanent mould. | . قالب دائم. |
| Protuberances. | . نتوءات. |
| Permeability. | . نفاذية. |
| Pipe. | . ماسورة (أنبوبة). |

| | |
|------------------------|--------------------------------|
| Pipe. | فجوة أنبوية. |
| Pit. | حفرة. |
| Plaster-mould casting. | صب في قوالب مصيص. |
| Plastic flow. | إيساب عجيبني. |
| 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 أنبوية. |
| 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. | مسبوكات دقيقة. |
| Pressure test. | تفتيش بالضغط. |
| Progress solidification. | تقدم التجمد. |
| Patterns selection. | اختيار النماذج. |
| Pitting. | النخر. |
| Padding. | بطانة أو كمادات. |

R

| | |
|------------------------|----------------------|
| Riser. | مغذي، مصعد. |
| Ramming. | دك الرمل. |
| Rotor. | دوار — القلب الدائر. |
| Refractory brick. | طوب حراري. |
| Reverberatory furnace. | فرن عاكس. |
| Runner. | مجرى (قناة) الصب. |
| Rammer. | مدق. |
| Ramming of sand. | دك الرمل. |
| Reduction. | اختزال. |
| Regenerator. | غرفة استرجاع. |

| | |
|-------------------------------------|-----------------------------------|
| Rod. | .سيخ — قضيب. |
| Ram. | .رأس الكبس. |
| Radiographic inspection. | .تفتيش بالتصوير الشعاعي. |
| Rapping. | .لححة. |
| Rapping bar. | .عمود للححة. |
| 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 بوتني ثابت. |
| Shot plastering. | قذف بالكريات المعدنية. |
| Sand blasting. | قذف بالرمل. |
| Squeezer. | ماكينة ضاغطة. |
| Sand slinger. | ماكينة قاذفة للرمل. |
| Sand packing. | كبس الرمل. |
| Shutting. | 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 الانكمash. |
| 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. | معدن خردة. |
| Screening. | نخل أو هز. |
| Semicentrifugal process. | طريقة شبه الدفع المركزي. |
| Set-up-core. | ثبت القلب (الدليل). |
| Shell moulding. | عمل التواليب التشربية. |
| 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 الزواائد. |
| 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 بالتنفس فوق الصوتي. |
| Swabbing. | يبال بالفرشاة. |
| Synthetic bonds. | مواد رابطة مصنعة. |

T

| | |
|-------------------------|---------------------------|
| Turbulence. | اضطراب. |
| Tumbling. | تقليل. |
| Trimming. | تقليم (تشذيب). |
| Tumbling mill. | طاحونة تقليل. |
| Tilting pot funace. | فرن بونتي قلاب. |
| Torch cutting. | القطع باللهب. |
| Tong. | ملقط. |
| Tuyeres. | وينات (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 ثلاثة أجزاء. |
| True centrifugal. | طرد مركزي حقيقي. |
| Tumbling barrels. | براميل تقليل. |
| Tolerance. | التسامح. |
| Topgats. | البوابات (أقنية الصب) العليا. |

V

| | |
|----------------------------|--------------------|
| Venting. | تنفيس. |
| Ventilation. | تهوية. |
| Visual inspection. | فحص بصري. |
| Volumetric shrinkage. | تضليل حجمي. |
| Vibrating stripping plate. | لوح سحب بالاهتزاز. |
| Vibrator. | اهتزاز. |

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 جهاد.
- ٣- الأستاذ الدكتور: محمد علي سلامة

المدقق اللغوي: د. عبد الكريم حسين

حقوق الطبع والترجمة والنشر محفوظة لمديرية الكتب والمطبوعات





