اعتبارات تصميم المسبوكات المعدنية وإنعكاساتها على جودة سطح المنتج (دراسة تحليلية على تطبيقات مقرر تكنولوجيا السباكة)

Design considerations of metal castings and their impact on the quality of product surface (Analytical study on the applications of casting Technology)

م.د / ياسر عيد محمد علي

المدرس بقسم الأثاثات والإنشاءات المعدنية - كلية الفنون التطبيقية - جامعة حلوان

Assist. Dr. Yasser Eid Mohamed Ali

Lecturer, Department of Furniture and Metal constructions, Faculty of Applied Arts, Helwan University

ملخص البحث

كلمات مفتاحية : معايير التصميم ، القوالب الرملية ، عيوب السطح ، الجودة ، تشطيب المنتج

تمثل عمليات التشكيل بالصب أحد أفرع العلوم الهندسية التي توظف لدعم المهارات التقنية اللازمة لإعداد مصمم الأثاثات والإنشاءات المعدنية ، وبسبب وفرتها وقلة تكاليفها، يلجأ كثير من الطلاب إلى تنفيذ تطبيقاتهم العملية في مقرر تكنولوجيا السباكة* باستخدام أسلوب الصب في قوالب رملية ، متغاضين في ذلك عن المشكلات الكثيره التي تظهر بأسطح المسبوكات ، والتي تؤثر سلباً على وظائفها وجمالياتها، ولعل ذلك مرده إلى أسباب عديدة : يتعلق بعضها بافتقاد المسبوك لمعايير أساسية لم تُراعى عند عملية التصميم، أو بسبب أخطاء فنية في عمليات النمذجة والختم والصب اللاحقة، واستنادا إلى أنه يمكن معالجة الأخطاء الفنية ببعض التوعية والتدريب للفنيين، فإنه لا يمكن حل مشكلات التصميم إلا بوجود اعتبارات واضحة يسترشد بها الطالب عند تصميم المسبوكة . ومن هنا يسعي البحث إلي إجراء دراسة تحليلية لدعم معايير تصميم المسبوكات ببعض المحددات والضوابط الهندسية والفنية وبخاصة للمسبوكات الرملية للحصول على نتائج أكثر دقة وأعلي جودة، تجعل الطالب قادراًعلي ابتكار تطبيقات متناسقة بعدياً وكتلياً بجودة أسطح عالية .

وبناء على ما سبق تكمن **مشكلة البحث** في أن تصميم المسبوكات بالقوالب الرملية يفتقر إلى ضوابط تصميمية ومحددات فنية واضحه تؤثر سلباً على جودة ودقة تشطيب سطح المنتج ، وعليه تنطلق مبررات البحث في ضوء الاستفسارات التالية: ما هي أهم المشكلات التي تظهر عند تصميم المسبوكات الرملية ؟ وما هي أهم الضوابط الحاكمة لتصميم وتنفيذ وتشطيب المسبوكات بجودة عالية ؟ وما هي الاعتبارات التصميمية التي تدعم الحصول على أسطح عالية الجودة ؟ ومن ثم فإن **الهدف من البحث** هو إجراء دراسة تحليلية لاستنباط ضوابط ومحددات ومعايير واضحه لتصميم المسبوكات المعدنية ، بما يتفق مع قدرات ومهارات الطالب ، وبما يساعده في تصميم وتنفيذ وتشطيب مسبوكات مبتكرة بدقة وجودة عاليتين. وذلك استنادا إلى **فرضية** مفادها أن فهم الطالب واستيعابه لمجموعة الاعتبارات التي تحكم عملية تصميم وتنفيذ وتشطيب المسبوكات ستجعلة قادراً على تقديم معالجات تصميمية مبتكره يسهل انتاجها وتشطيبها بجوده عالية . وذلك وفقاً **لمنهج** وصفي تحليلي ، يرتكز علي عدة **محاور** تتمثل فيما يلي :

1- عملية التشكيل بالسباكة (مفاهيم وتقنيات)

2- جودة تشطيب السطح في تطبيقات مقرر تكنولوجيا السباكة (دراسة تحليلية)

* مقرر (تكنولوجيا السباكة) هو أحد مقررات اللائحة الجديدة بنظام الساعات المعتمدة ويهدف المقرر إلى اكساب الطالب مجموعة من المعارف النظرية والمهارات التطبيقية، اللذان يتعلقان ببعض أساليب الصب فى القوالب المؤقتة والدائمة، وما يتعلق بها من تجهيزات، عمليات، إجراءات فحص وتشطيب لاحد المسبوكات. ثم توظيف تلك المعارف والمهارات وجعلها أكثر قيمة في حل أحد المشكلات بالتخصص، من خلال تخطيط وتنفيذ نموذج عملي ينتج بأحد أساليب الصب كالسباكة في القوالب الرملية.

3- اعتبارات تصميمية للتحسين من جودة سطح المسبوكات المعدنية

وقد انتهى البحث إلى مجموعة من النتائج تتمثل في :

- تختلف المشكلات المؤثرة على جودة سطح المسبوكات وتتنوع إلا أن أغلبها ينطوي تحت ثلاثة محاور أساسية : (مشكلات خاصة بالتصميم – مشكلات خاصة بالخامة – مشكلات خاصة بأساليب الانتاج والتشطيب) .
- عيوب المسبوكات لا تظهر إلا بعد تجمد المصبوب وإخراجه من القالب لذا يتعين اتخاذ خطوات استباقية في تجنب المشكلات المتوقعة لضمان جودة سطح المسبوكة .
- يتوقف أسلوب فحص المسبوكات الأمثل وتوقيته على طبيعة الخصائص والمواصفات المطلوب الحصول عليها ، والوظيفة التي صممت من أجلها . فالخصائص الجمالية مثلا يكتفى فيها بالفحص بمجرد النظر ، أما الخصائص الإنشائية فتحتاج إلى الفحص الميكانيكي ويكون قبل تشطيب المسبوكة .
- يتعين على المصمم أن يكون على دراية تامة بالسباكة كعملية انتاجية وبالمشكلات التي تحدث فيها وأسبابها وخاصة التي تؤثر على جودة تشطيب سطح المسبوكة وذلك لتلافي تلك العيوب عند البدأ في وضع التصميم وبناء النموذج .
- يفضل عند تصميم المسبوكات المنتجة بطريقة السباكة الرملية تجنب التغيرات الفجائية عند تصميم المقاطع المختلفة في السمك ومراعاة التدرج في الانتقال من المقاطع الكبيرة إلى الصغيرة واستبعاد المقاطع الرفيعة الجدران ما أمكن مع تقليل الاتصال بين الأجزاء قدر المستطاع .
- عند تصميم المسبوكة والنموذج يراعى تجنب الحواف والأركان الحادة واستبدالها بالمستديرة مع مراعاة أبعاد الثقوب والفجوات وتجنب الزوايا الحادة والمستقيمة واستبدالها بالزوايا المنفرجة .
- مراعاة اضافة السماحات اللازمة إلى الأبعاد الحقيقية والمتمثلة في سماحات الانكماش وسماحات التشطيب والتي تختلف تبعاً لنوع المعدن المصبوب .
- مراعاة البساطة ما أمكن وتجنب الأشكال المعقدة مع التقليل قدرالمستطاع من القلوب.

Abstract:

Metal casting operation is branch of Engineering Sciences, which use to development the basic technical skills that are necessary to preparing the designer of metal furniture and constructions. Because of their abundance and low costs, many students turn to implementation their applications by using sand casting method. This usually results many problems, especially in casting surfaces, which affect adversely at function and aesthetics of the products that produced by this method. These problems are due to by two reasons: 1st castings lacking to basic design criteria that did not take at design process, and 2ed, technical errors in the operations of: modeling, molding, melting, feeding, and solidification.

Although, it can solve many practical problem by some awareness and training for technicians, but it cannot solve design problems, unless the student learn how to following methodology and design criteria when he designing the castings. Hence, the research tries to prepare an analytical study to support the design criteria of metal castings with some technical limitations and engineering considerations, especially for sand casting products. This will provide innovative castings with most accurate results and high-quality of surfaces finishing, in the same time benefit of all advantages offered by mechanical, chemical or electrochemical methods in finishing operations.

Keywords: design criteria, sand molds, surface defects, quality, finished product

Therefore, the **problem of research** stems from: metal product produced by sand mold casting are lacking of design considerations and technical determinants that are impact negatively on the quality and accuracy of product finishing. then, the problem of research stems from trying to answer the following questions.1st What are the main problems faced students when designing products that produced by sand casting? 2ed what are the most important considerations to design, implement and finish metal castings with high quality? And 3ed is there a mechanism to measure the quality of finishing based on the quality of the design?

Accordingly, the main **aim of research** is based on introducing an analytical study about design considerations and technical determinants of metal castings and studying their impact on the quality of product finishing. This aim will be achieved according to Inference descriptive analytical **methodology** that contains **three topics**: 1st Casting Process (concepts and techniques), 2ed Surface Finishing Quality in Applications of Casting Technology Course (Analytical Study) & 3ed Design considerations for improvement of surface quality of metal castings

The research concluded with some results such as:

- The problems affecting the surface quality of castings vary, but most of them are under three main axes: (design problems, special problems of the material, problems with production methods and finishing)
- Cast defects are visible only after the mold has been frozen and removed from the mold. Proactive steps must be taken to avoid the expected problems to ensure the surface quality of cast
- The method of checking and optimizing castings depends on the nature of the characteristics and specifications to be obtained and the function for which they are designed. For example, the aesthetic characteristics are just examined by looking, and the structural characteristics need to be mechanical inspection before casting finishing
- The designer must be fully aware of the casting as a process of production and the problems that occur especially, which affect the quality of surface finishing in order to avoid these defects when starting to design and build the model
- When designing castings produced by sand casting, it is preferable to avoid sudden changes in thickness when designing different sections and take into consideration the gradual transition from large to small sections and the removal of high-walls as possible, and reducing communication between parts as much as possible

- When designing the cast and model, avoid sharp edges and corners and replace them with roundness, taking into account the dimensions of the holes and gaps, avoiding the sharp and straight angles and replacing them with angular angles

- Consider the addition of the necessary tolerances to the real dimensions represented in the shrinking thicknesses and finishing emphases which vary depending on the type of metal cast.

- Be as simple as possible and avoid complex forms.

1- عملية التشكيل بالسباكة (مفاهيم وتقنيات) Casting Process

تعدّ عملية التشكيل بالسباكة من أقدم طرق الانتاج التي استخدمها الانسان فى تشكيل المواد المعدنية ، فقد عرفت منذ أكثر من أربعة آلاف عام قبل الميلاد . (م4 ص7) وقد شاركت بشكل فعال في إقامة الحضارات القديمة وخاصة حضارة مصر الفرعونية من خلال الأعمال الفنية والمعدات الحربية التي كانت تنتج بالسباكة كما ظهر أول مركز للسباكة في الصين (1766 – 1122 ق . م) ثم تطورت هذه الصناعة عبر العصور حتى أصبحت في عصرنا الحديث واحدة من أهم العمليات التكنولوجية التي تستخدم في الصناعة . (م 16)

1-1 مفهوم عملية التشكيل بالسباكة Casting Definition

السباكة (casting) في المعجم : هي عملية تسييل المعادن بصهرها وصبها . **وسبَك المعدن :** أذابه وأفرغه في قالب . (م2 ص 1030) هذا من حيث اللغة أما من حيث المفهوم العام فقد وردت تعريفات مختلفة منها أنها :

أ- عملية تشكيل معدن عن طريق صهره ، ثم صبه في قالب به فجوات ذات شكل وأبعاد ، وعندما يتجمد المعدن فإن المنتج يكتسب شكل ومقاسات الفجوة التى صب فيها (م 1)

ب- أو هى عملية تشكيل المادة بصبها وهى فى حالة من السيولة فى قوالب معدة لاستقبالها، حيث تملأ المادة السائلة الفراغ المشكل فى القالب وتتجمد متخذة هيئة هذا الفراغ (م6 ص267)

وعموماً فإن عملية السباكة هي (تشكيل أجسام معدنية تتم بصهر المعدن أو السبيكة وصبه في القالب المراد تشكيل المعدن فيه، وتركه يبرد ويتجمد ليأخذ بعد تجمده شكل فجوة القالب وذلك وفقاً لاعتبارات تكنولوجية وميتالورجية للقالب والسبيكة المراد صبها).

1-2 مميزات وعيوب التشكيل بالسباكه : Advantages and Disadvantages of Casting

للتشكيل بأسلوب السباكة مجموعة من المميزات والعيوب تتمثل في :

1-2-1 مميزات التشكيل بالسباكة : Advantages of Casting

تشترك أساليب السباكة عموما في مجموعة من المميزات منها :

1-1-2-1 مميزات خاصة بالشكل والتصميم وتظهر من خلال :

- الحصول على مصبوبات بمقاسات وأحجام مختلفة.
- إنتاج أشكال وتصميمات معقدة تحتوى على تشكيلات داخلية و خارجية يصعب إنتاجها بطرق وعمليات التشغيل الأخرى
- بعض أنواع عملية السباكة يمكنها إنتاج الشكل بأبعاده النهائية أى بالدقة النهائية المطلوبة و بالتالى لا يتم إدخال المنتج لأى مرحلة تشغيل أخرى على أى ماكينة

2-1-2-1 مميزات خاصة بالإنتاج وتظهر من خلال :

- تعتبر عملية السباكة مناسبة للإنتاج الكمى لعمل مسبوكات بوزن وتكلفة أقل خاصة عند إدخال الميكنة فى مراحلها المختلفة.
- الحفاظ على الخامة المستخدمة من خلال إمكانية إعادة استخدامها ، بما يقلل من التكلفة الكلية للمسبوك.
- يمكن لعملية السباكة أن تستخدم أى معدن يمكن الوصول به بالتسخين إلى درجة الإنصهار

3-1-2-1 ممـــيزات خاصـة بالخواص الميتالورجية للمعدن

يمكن الحصول خصائص ميتالورجية (ميكانيكية وهندسية وفيزيائية) للمنتجات المسبوكة من خلال :

- التحكم في نسب ومكونات السبائك مما يزيد من (مقاومتها للاجهادات والاحتكاك ، المتانة ، ومقاومة الصدأ).
- الحصول على بنية ليفية موجهة وموزعة بانتظام فى المصبوب أثناء عملية التجمد وهو ما يصعب تحقيقه فى عمليات التشغيل الأخرى .
- التحكم فى نمو الحبيبات وحجمها عن طريق نسب الإضافات وطريقة التبريد

1-2-2 أما عيوب السباكة بشكل عام فتتمثل في (م 14) Disadvantages of Casting

1-2-2-1 عيوب خاصة بالشكل والتصميم وتظهر من خلال :

- عملية السباكة التقليدية غير دقيقة نسبيا
- خشونة الأسطح الناتجة عن بعض أساليب السباكة كما فى السباكة الرملية

2-2-2-1 عيوب خاصة بالإنتاج وتظهر من خلال :

- ظهور بعض عيوب الإنتاج مثل وجود فجوات داخل المسبوك و تسمى (البخبخة)
- درجة الأمان فى عملية السباكة أقل نسبيا من بعض العمليات الصناعية الأخرى و ذلك بسبب التعامل مع معادن مصهورة ذات درجات حرارة عالية .
- التأثيرات البيئية للعملية .

3-2-2-1 عيوب خاصـة بالخواص الميتالورجية للمعدن مثل :

- تأثير عملية السباكة على بعض الخواص الميكانيكية للمادة .
- تأثر البنية البلورية للمعدن المصهور في بعض الأحيان .

1-3 أساليب السباكة :Casting Processes

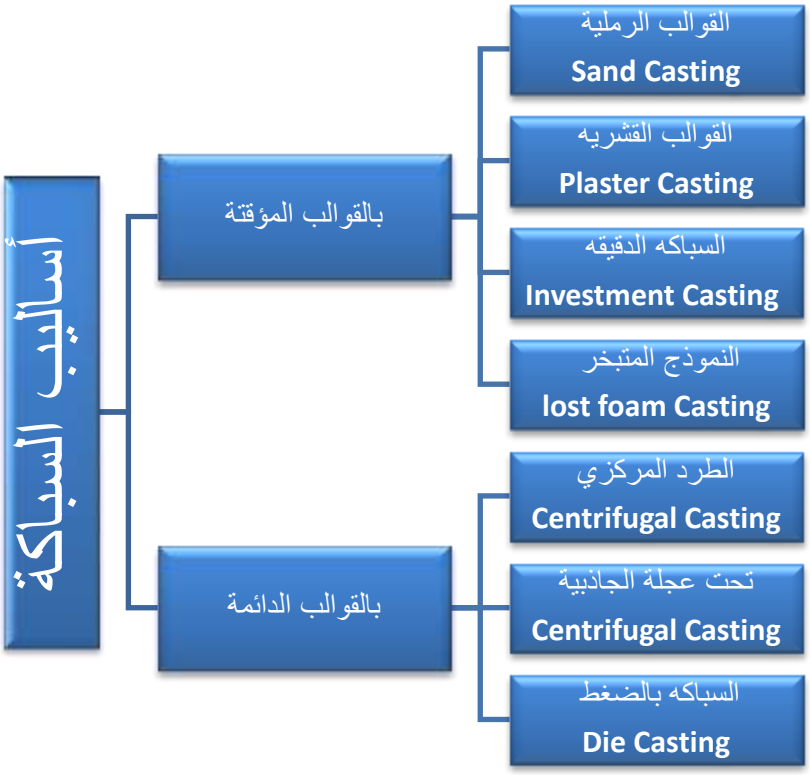
تطورت عمليه السباكه على مر العصور وتنوعت أساليبها ومن هذه الاساليب (م6 ص 268) :-

1-3-1 أساليب السباكه باستخدام قوالب مؤقته.

- السباكه في القوالب الرمليه **Sand Casting**
- السباكه في القوالب القشريه **Plaster Casting**
- السباكه الدقيقه [نماذج الشمع المفقود] **Investment Casting**
- سباكة النموذج المتبخر [الرغوة الضائعة] **lost foam Casting**

2-3-1 أساليب السباكه باستخدام قوالب دائمه.

- السباكه في قوالب الطرد المركزي **Centrifugal Casting**
- السباكه في قوالب دائمه [تحت عجله الجاذبيه] **Permanent Casting**
- السباكه بالضغط [تحت ضغط خارجي] **Die Casting**



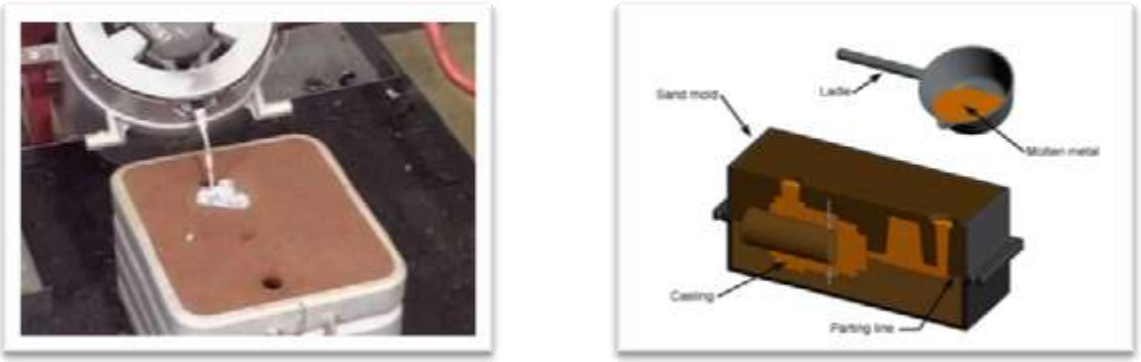
شكل تخطيطي (1) يوضح بعض أساليب السباكة ذات الصلة بمجال التخصص

4-1 السباكه في القوالب الرملية Sand Molds Casting

تعد السباكة في القوالب الرملية أحد أهم أساليب السباكة وأوسعها انتشارا لذا تعين اختصاصها بالبحث والدراسة نظراً لإعتماد الطلاب عليها في تنفيذ وانتاج تطبيقاتهم الخاصة بمادة تكنولوجيا السباكة

1-4-1 تعريف السباكة في القوالب الرملية Sand Casting Definition

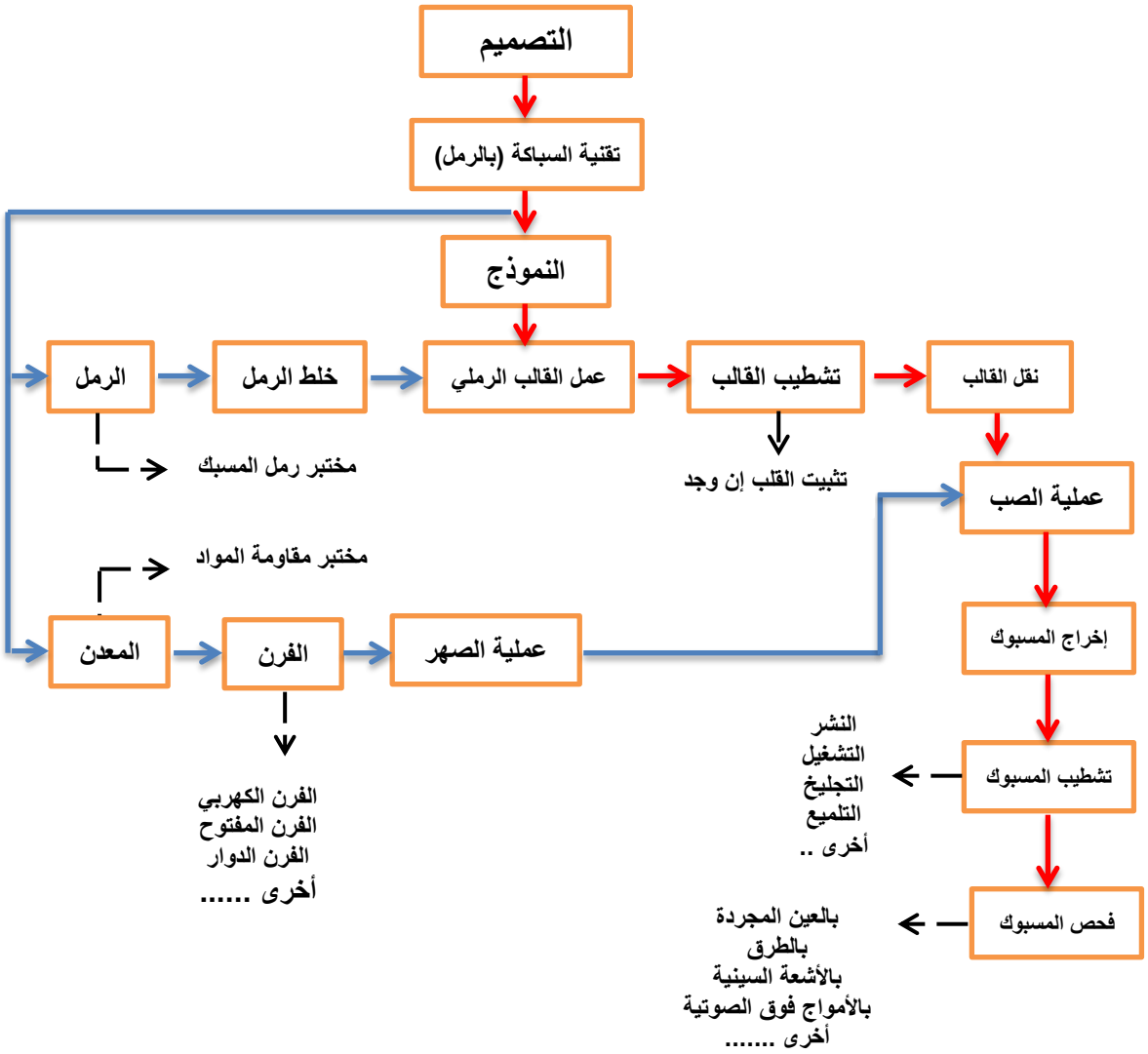
وتعرف السباكة في القوالب الرملية بأنها (أحد أساليب السباكة التى يتم فيها صب أو سكب المعدن المنصهر تحت عجلة الجاذبية الأرضية ، فى قالب مصنوع من الرمل مع بعض الإضافات ، ويحتوى على تجويف بشكل الجزء المطلوب إنتاجه) (م12 ص 15) كما في شكل (2)



شكل (2) السباكة في القوالب الرملية

2-4-1 خطوات السباكة في القوالب الرملية Steps Of Sand Casting

يمكن تلخيص خطوات السباكة في القوالب الرملية كما في شكل (3) في تسلسل المراحل التالية :-



شكل تخطيطي (3) يوضح خطوات السباكة في القوالب الرملية

1-2-4-1 **التصميم والتوصيف الهندسي** : وذلك من خلال

- تحديد نوع التطبيق وطبيعة المنتج (الإستخدامية والجمالية ...)
- وضع التصورات وتحديد الشكل والأبعاد الحقيقية
- تجهيز الرسومات الميكانيكية
- تحديد العدد أو الكمية المطلوبة
- اختيار نوع المعدن أو السبيكة
- اضافة السماحات المطلوبة

1-4-2-2 إختيار أسلوب السباكة : Choosing of Casting Processes

ويتم اختيار أسلوب السباكة الأمثل لإنتاج الشكل المطلوب تبعاً لعوامل كثيرة منها (م6 ص267)

- جودة السطح المطلوبة
- دقة الأبعاد المطلوبة
- حجم الانتاج
- مستوى التعقيد في الشكل
- التكلفة الكلية

1-4-2-3 إعداد النموذج :Pattern Making

إن من أهم خطوات عملية السباكة إعداد النموذج الذي يحاكي الشكل المطلوب ، ويزيد علية في الابعاد بسبب السماحات المضافة مع ملائمته للمتطلبات الأساسية لعملية السباكة . ويتم اختيار خامته تبعا لشكل التصميم وأسلوب السباكة والعدد المطلوب. ويستخدم النموذج في تشكيل الأسطح الخارجية وعندما يراد تشكيل أسطح داخلية (تجاويف) يتم استخدام القلوب (الدلاليك) (م 5 ص 29)

1-4-2-4 إعداد فجوة القالب : Mold Cavity Making

وهى الفجوة التى تحوى الشكل المطلوب بالأبعاد المحددة بعد إضافة قيم السماحات المختلفة، داخلية كانت او خارجية . وتثبيت القلب (الدليك) ان وجد حيث يمثل الدليك التجويف الداخلي للقطعة المراد سباكتها ، مضافاً إليها ركائز تساعد على تثبيته في مكانه داخل تجويف القالب لذلك فإن شكل النموذج يكون مماثلاً لشكل القطعة المراد سباكتها مضافاً إليه الدليك وركائزه (م 18) ويتضح ذلك كما في شكل (4) .

شكل (4) اعداد فجوة القالب الرملي وتثبيت القلب (الدليك)

1-4-2-5 تجهيز نظام التغذية Preparation of Risering

وهو مصب أو مجموعة مصبات تستقبل المعدن المنصهر وتوصله لداخل فجوة القالب وتعوض انكماش المصبوب أثناء علمية التجمد . كما يضمن الحصول على مصبوبة سليمة حيث يضمن إبعاد ما قد يقع من خبث أو شوائب ، وإمداد القالب بالمعدن دون انقطاع . (م 8 ص 162: 163) كما هو واضح في شكل (5) والذي يوضح مراحل تجهيز نظام التغذية

شكل (5) مراحل تجهيز نظام التغذية

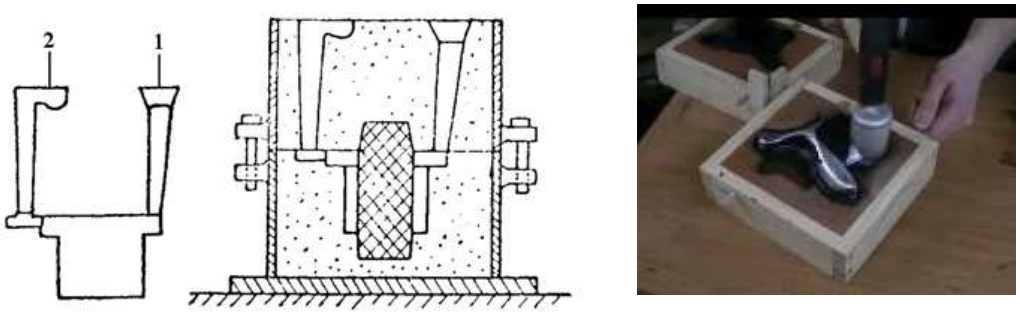
6-2-4-1 صهر المعدن :Metal Melting

باستخدام وسائل عده يتم بها إعداد الخلطة المعدنية وصهرها بالخصائص المطلوبة، بناءاً على عوامل عدة ، كدرجة الانصهار والكمية المطلوبة وأسلوب السباكة. تعتبر عملية صهر المعادن وإجراء عملية الصب بالطرق الصحيحة من أهم عناصر المسبوكات الجيدة ، حيث يجب صهر المعدن دفعة واحدة ، وليس على مراحل متقطعة ، وفصل الخبث عن المسبوكات. (م 1) ويتم ذلك في أفران خاصة كالفرن الكهربي والفرن المفتوح والبوتقة . ويتوقف اختيار نوع الفرن على عدة عوامل منها نوع معدن الصهر ودرجة التحكم المطلوبة لعمليات تنقية المعدن المنصهر. التكاليف الابتدائية للفرن وللتشغيل اختيار العمالة وللصيانة وللوقود المتوفر وقطع الغيار. سرعة عملية الصهر، مكونات السبيكة ودرجة انصهارها. ويوضح شكل (6) بعض الأنواع المختلفة لأفران صهر المعادن

شكل (6) بعض الأنواع المختلفة لأفران صهر المعادن

6-2-4-1 عملية صب المعدن المنصهر في القالب Metals Casting : يصب المعدن المنصهر في فراغ النموذج المعد بالقالب مع مراعاة أن يكون معدل تدفق المعدن المنصهر مناسب ومستمر ودون انقطاع .

8-2-4-1 إخراج المسبوك Casting Removal: بعد تجمد الجزء المسبوك تماماً يتم استخراجه من القالب الرملي باستخدام عناصر طرد يدوية أو ميكانيكية أو آلية . ويظهر الجزء المسبوك ملتصقاً برؤوس التغذية (المصب والمصعد) كما هو موضح في شكل (7)



شكل (7) استخراج المسبوك من الرمل ملتصقاً برؤوس التغذية

1-4-2-9 **عمليات التشطيب Finishing processes :** وتتم عملية تنظيف وتشطيب المسبوكات من خلال العمليات التالية (م 9 ص248) :

أ- إزالة المصبات والمغذيات من المسبوكة .

وذلك عن طريق مجموعة من العمليات المختلفة والمتعلقة بنوع المعدن المصبوب وحجم المسبوكة ومنها :

- **الـطرق :** ويتم فصل الأجزاء الزائدة باستخدام المطرقة ، لكن يتعين الحرص حتى لا يؤثر ذلك على المسبوكة
- **التأجـين :** باستخدام المطرقة والأجنة كأداة للقطع . وأيضاً يتعين مراعاة الحذر
- **النـشر :** ويستخدم منشار الشريط للقطع تحت تأثير الاحتكاك خاصة مع المعادن الغير حديدية
- **حجارة القطع** : وهى عبارة عن عجلات قطع دوارة تعمل على معدات ميكانيكية خاصة لإزالة المصبات والمغذيات، وتستخدم عندما تكون السبيكة أصلد من أن تقطع بالمنشار او الطرق
- **ماكينات القطع باللهب** : حيث يستخدم لهب الأكسجين والأسيتلين في قطع الزوائد والمصبات .

ب- تشطيب سطح المسبوكة : Surface Finishing

وتشتمل على إزالة الرمل المحترق والملتصق بأسطح المسبوكة وذلك للحصول على أسطح عالية الجودة وذلك من خلال مجموعة من العمليات المختلفة والتي منها :

- **عملية السنفرة والتشطيب**

تهدف هذه العمليات إلى معـالجة أسطح المسبوكات بقصد إزالة الرمال العالقة بسطحها وزيادة نعومة السطح إذ أن الاشتراطات الوظيفية تملي على المنتج تحقيق قيم معينة لجودة السطح . وتتباين عمليات تشطيب سطوح المسبوكات تبايناً كبيراً فمنها ما يقصد به مجرد زيادة نعومة السطح دون اشتراطات خاصة بدقة الأبعاد والمقاسات كعمليـات تحسين السطح بالسفع بالحبيبات الصلدة (مثل الرمل) ، وهناك عمليات تحسين السطح مع تحقيق اشتراطات الدقة والأبعـاد والمقاسـات والشكـل كعمليات الكشط والصقل بالحجارة والتشطيب العالي الجودة "بالخراطة وماكينات الكشط "0

- **عملية التلميع Polishing process**

إن عملية التلميع للأسطح المعدنية تتم من خلال الطرق الميكانيكية أو الكهروكيميائية ويعتبر التلميع الميكانيكي من أقدم الطرق لتلميع المعادن بخلاف الطرق الإلكتروليتية أو الكيميائية والتي تحقق التلميع بدون إحداث اضطراب على سطح المعدن ، أما العمليات الميكانيكية فمن الممكن أن تزيد من صلادة السطح بنسبة (30-40 %)

وتبدأ عمليـة **التلميع الميكانيكى** بمرحلـة التجليخ بإستخدام السليكون الكربيدى أو مكونـات التجليخ الأخرى الملتصقة بعجل دوار بسرعات عالية "حجر الجلخ " لإزالة طبقات من سطح المعدن 0

كما أن عملية التلميع تستخدم لتنتج سطحا منتظما ناعما مناسبا لطبقات الطلاء و تتم هذه العملية بتعريض سطح المنتج لعجلة دوارة (الفرشاه من القماش) بقصد تسوية السطح مع استعمال مادة مساعدة (الجماطـة) وفيها تستعمل أنواع مختلفة من الفرش والأقمشة حسب نـوع المعدن المـراد تلميعه ودرجة التنعيم وشكل المنتج المراد تلميعه 0

أما **التلميع الكهروكيميائي** فيعد بديلاً للعمليات الميكانيكية أو مكملاً لها . ويعرف بأنه " عملية تشغيل تستخدم لتنعيم سطح المنتج المعدني بإزالة جزء من الطبقة الميكروسكوبية من سطح المعدن (م17) . أو هو عملية مرور التيار الكهربي خلال المنتج المعدني في محلول الكتروليتي لإزالة طبقة رقيقة من سطحه ينتج عنها بريق ولمعان ومقاومة تآكل لهذا السطح (م10 ص 130) أثناء عملية التلميع الكهروكيميائي الآنودية يحدث تنعيم للخشونة المجهرية عند المستوى الميكروسكوبي

للسطح ويوضح شكل(8) تصوير مجهري لسطح المعدن قبل وبعد التلميع الكهروكيميائي. والتي تؤدي الى وجود غشاء خامل على سطح المعدن يحميه من التأثر بالبيئات الخارجية والتآكل. ودرجة اختزال الخشونة مرتبطة بقيمة الشحنة الكهربية المارة خلال المحلول (م 7)

شكل (8) تصوير مجهري لسطح المعدن قبل وبعد التلميع الكهروكيميائي

10-2-4-1 **فحص المسبوكات Casting Inspection :** و تختلف وسائل الفحص تبعاً لنوع وشكل وحجم المسبوك والمواصفات المطلوب الحصول عليها ، والوظيفة التي صمم من أجلها ومنها وسائل الفحص التالية (م 15) :

- **الفحص النظري Theoretical Inspection :** وهو اكتشاف العيوب بمجرد النظر مثل الشروخ أو عدم اكتمال المسبوكة ....إلخ
- **الفحص بأدوات القياس Inspection By Measuring Tools:** لمراجعة الأبعاد والأقطار باستخدام أدوات القياس المناسبة .
- **الفحص الكيميائي Chemical Inspection**: للتأكد من مطابقة معدن المسبوكة للمواصفات المطلوبة .
- **الفحص الميكانيكي Mechanical Inspection**: للتأكد من اكتساب المسبوكة للصفات الميكانيكية المطلوبة .
- **الفحص الإشعاعي Radiological Inspection** : باستخدام أشعة إكس أو الموجات فوق الصوتية للكشف عن الشروخ أو الفجوات الدقيقة أو الجيوب المتكونة داخل جسم المسبوكة .

شكل (9) بعض وسائل فحص المسبوكات

2- جودة تشطيب السطح في تطبيقات مقرر تكنولوجيا السباكة (دراسة تحليلية):

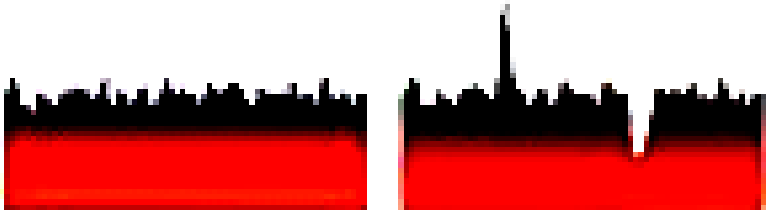
تتعدد تطبيقات الطلاب في مادة السباكة الفنية وتتنوع ما بين منتجات مصنعة أو نصف مصنعة مثل (وصلات للأثاث ذات طابع هندسي أو زخرفي ، وصلات للإنشاءات ذات طابع هندسي ، مكملات معدنية للحديد الزخرفي ، مكملات معدنية للأثاثات المعدنية ، وحدات للإضاءة ....إلخ)

وتعتبر السباكة فى القوالب الرمليه من أقدم أساليب السباكة، واكثرها انتشاراً، وأقلها تكلفة ، لذلك يلجأ إليها الكثير من المصممين وخاصة الطلاب في إنتاج تطبيقاتهم المختلفة . وبتحليل تطبيقات الطلاب يتبين أن المتحكم في جودة سطح المسبوكة هو مجموعة من الاعتبارات بعضها يتعلق بالتصميم وبعضها الآخر يتعلق بالعوامل الفنية في الإنتاج والتشطيب وسوف نتناول في هذا الجزء من البحث مفهوم جودة السطح وطرق قياسه وأهم العوامل المؤثرة عليه والمشكلات والعيوب التي تظهر في تطبيقات الطلاب وعلاقتها بجودة سطح المسبوكة وذلك للوقوف على أهم الاعتبارات التصميمية التي يجب مراعاتها عند تصميم المسبوكات المنتجة بأسلوب السباكة بالرمل حتى نتلاشى العيوب ونصل بجودة سطح المسبوكات إلى أعلى درجة ممكنة من جودة التشطيب .

شكل (10) نماذج لبعض تطبيقات الطلاب في مقرر تكنولوجيا السباكة

1-2 جودة تشطيب السطح وطرق قياسها : Quality Of Surface Finishing And Measurement Methods

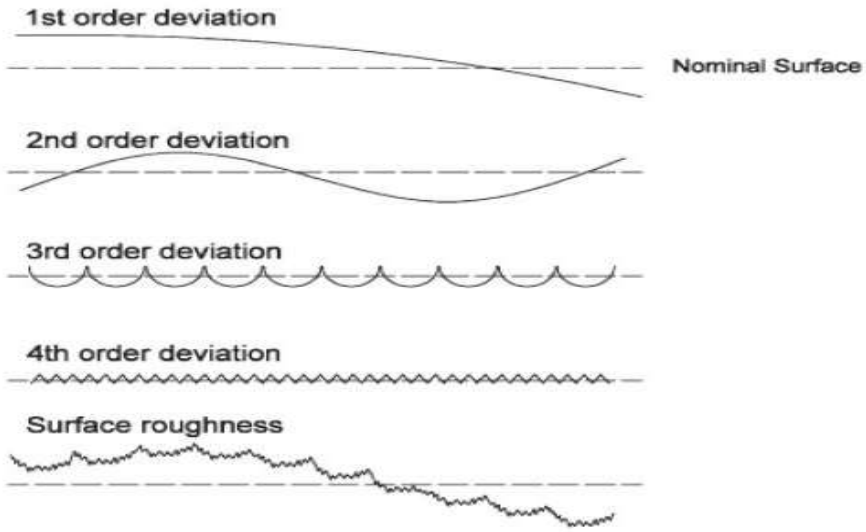
من الخصائص الهامة التي يجب أن تتوفر في المسبوكات درجة جودة ونعومة السطح حيث إن كثير من التطبيقات العملية تحتاج إلى أسطح على درجة عالية من الجودة والنعومة حتى تؤدي الوظيفة المطلوبة منها بأفضل أداء ممكن. إلا أن الوصول إلى الجودة أو النعومة المطلقة أمر مستحيل مهما كانت الإمكانات المستخدمة في الإنتاج ، لذا إذا أخذنا أحد المسبوكات المشطبة وقمنا بفحص سطحها تحت مجهر ذي درجة تكبير عالية سنرى أن لهذا السطح تضاريس كما هو موضح في شكل (11)



شكل (11) تضاريس السطح تحت المجهر

وهذا يثبت أن استواء السطح ليس مطلقاً بل لابد من وجود بعض الانحرافات التي تشكل شكل السطح كما في شكل (12) والمتمثلة في (م 11) :

- الانحرافات الناشئة عن عدم استواء السطح أو عدم الاستدارة في الأشكال الاسطوانية أو ظهور التموج .
- انحرافات تظهر في شكل أخاديد أو شقوق .
- انحرافات ناتجة عن التركيب البنيوي للمسبوكة .



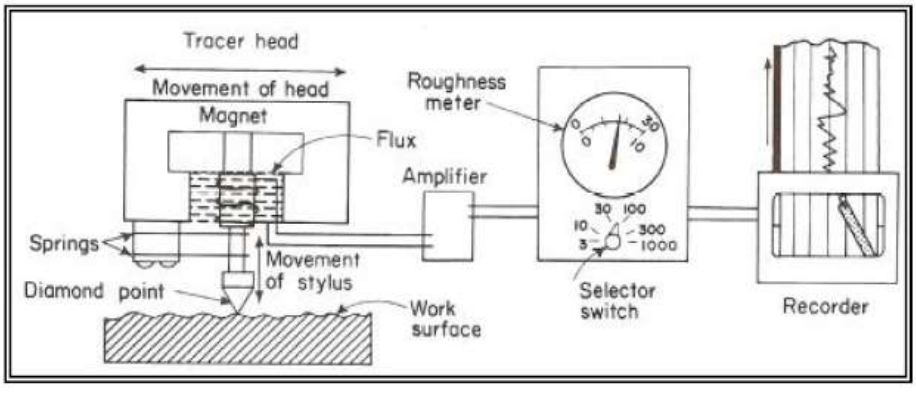
شكل (12) الانحرافات التي تشكل شكل السطح

2-1-1 طرق قياس جودة السطح

هناك العديد من الأجهزة المستخدمة في قياس جودة سطح المنتج ودرجة النعومة وتتميز هذه الأجهزة بعضها عن بعض بمدى دقتها ومبدأ عملها . ويمكن تقسيم هذه الأجهزة إلى ثلاثة فئات رئيسية تتمثل في (م 4 ص 39 : 47) :

2-1-1-1 أجهزة الاستشعار:

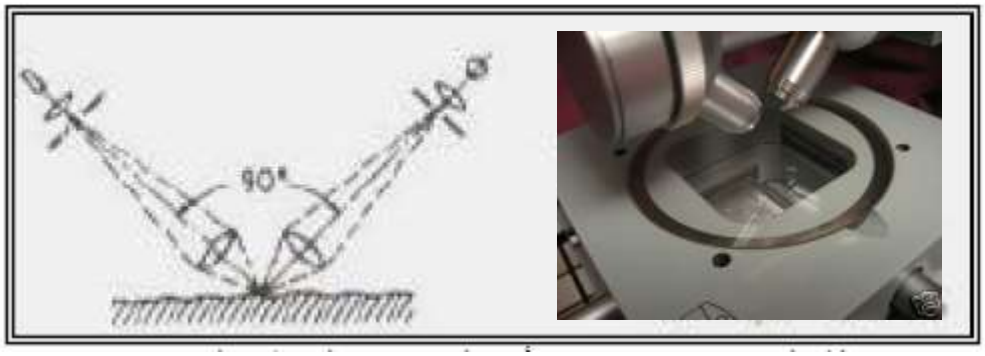
وتعتمد على مبدأ تحريك إبرة على السطح المراد قياس درجة نعومته من خلال استكتشاف التنوع في الارتفاع كدالة للمسافة كما هو موضح في شكل (13) . حيث تعمل هذه الإبرة كمجس يلتقط الارتفاعات المختلفة ومن ثم يجعلها كعلاقة تابعة للمسافة .



شكل (13) جهاز الاستشعار لقياس نعومة السطح

2-1-1-2 الأجهزة البصرية :

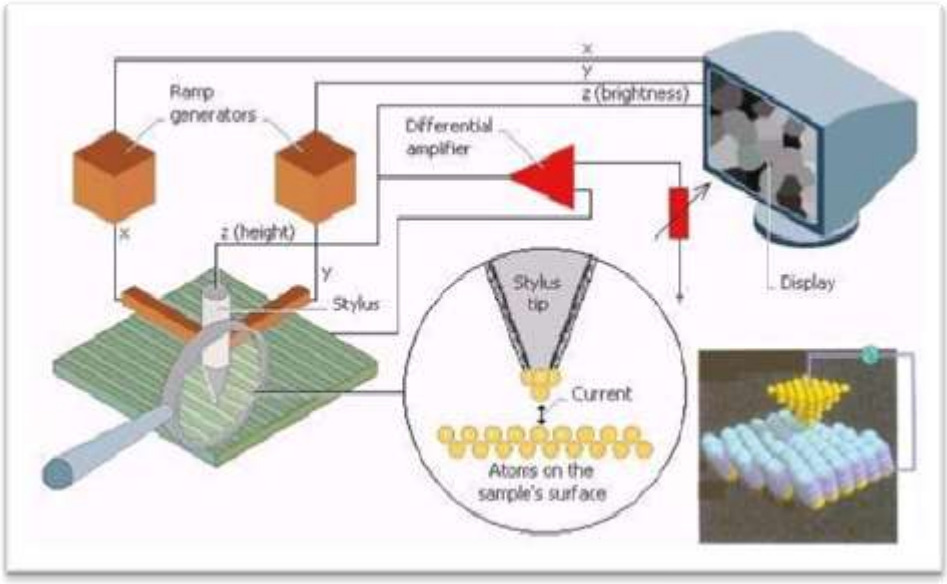
وتقوم في عملها على مبدأ سقوط الضوء وانعكاسه من على السطح المختبر , حيث تعتمد على تسليط حزمة من إشعاع كهرومغناطيسي وانعكاسه من على السطح الذي يتم اختباره . ومن الأجهزة التي تعتمد على هذا المبدأ في العمل (مجهر المقطع الضوئي Light Section Microscope) ويوضح شكل (14) مبدأ عمل مجهر المقطع الضوئي



شكل (14) مبدأ عمل مجهر المقطع الضوئي

2-1-1-3 الأجهزة المجهرية :

وتعتمد على استخدام المجهر لمعرفة تنوع السطح من حيث الخشونة والنعومة ، وهناك العديد من الأجهزة المستخدمة في هذا المجال مثل (المجهر النفقي الماسح Scanning Tunneling Microscopy) ويستخدم الإلكترونات المقيدة الموجودة على العينة كمصدر للإشعاع كما هو واضح في شكل (15)



شكل (15) مبدأ عمل المجهر النفقي

2-2 مشكلات السباكة المؤثرة على جودة السطح (دراسة تحليلية لتطبيقات مقرر تكنولوجيا السباكة)

السباكة كعملية انتاجية هي مجموعة من العمليات والمراحل التى لابد للمصمم أن يكون على دراية تامة بها، وبالمشكلات التي تحدث فيها وخاصة التي تؤثر على جودة تشطيب سطح المسبوكة ، وذلك لوضع المعايير التصميمية اللازمة لحل هذه المشكلات وتلافى العيوب الناشئة عنها عند البدء فى وضع التصميم وبناء النموذج .

خاصة وأن هذه العيوب لا تظهر إلا بعد الانتهاء من تجمد المصبوب وإخراجه من القالب . والتي منها ما يظهر في السطح الخارجي كالتجاويف والقشور، والعروق ، ومنها ما ينشأ داخل المصبوب كالفقعات الغازية، وفجوات التجمد، والتى يصعب رؤيتها بالعين المجردة مما يتطلب استخدام أجهزة دقيقة لفحصها والتي سبق الحديث عنها . وفيما يلي بيان لأهم المشكلات والعيوب التي تظهر في المسبوكات المنتجة بالقوالب الرملية بوجه عام والتي ظهرت بشكل واضح في كثير من تطبيقات الطلاب في مقرر تكنولوجيا السباكة :

2-2-1 **نقص المعدن أو عدم الاكتمال** : وهو عدم اكتمال المسبوكة بسبب نقص المعدن المصبوب في القالب كما في شكل (16 أ) والأسباب الرئيسية لهذا العيب تتمثل في الخطأ في تصميم منظومة الصب أو التغذية، أو أن المعدن المصبوب بارد نسبياً وتجمد قبل اكتمال عملية الصب ، أو عدم سيولة المعدن المصبوب بالدرجة الكافية ، أو عند تجمع غازات تمنع ملئ القالب بالمعدن . أما من الناحية التصميمية فإن المقاطع الرفيعة جداً في المصبوبات وكذلك التغيرات الفجائية في سمك الجدران تتسبب في تجمد المعدن فجائياً وعدم وصوله لباقي أجزاء المنتج .

ويمكن تجنب ذلك من خلال : التصميم الجيد للنموذج من حيث استبعاد المقاطع الرفيعة في الجدران إن أمكن مع استبعاد التغيرات الفجائية في سمك الجدران بحيث يكون هناك تدرج في السمك وكذلك التصميم الجيد لنظام الصب والتغذية – التأكد من وصول المعدن المصبوب لدرجة الحرارة والسيولة اللازمة – تحسين نفاذية رمل القالب وتجفيفه قبل الصب . ويوضح شكل (16 ب) بعض تطبيقات الطلاب التي تم مراعاة هذه الاعتبارات بها .

شكل (16 أ)
نموذج لنقص المعدن في المسبوكة

شكل (16 ب)
نماذج من تطبيقات الطلاب التي روعي فيها التدرج في السمك وتجنب الجدران الرقيقة

2-2-2 **الزوائد :** وتحدث بالمسبوكات عند سطح انفصال القالب لوجود خلوص بين نصفي القالب ، أو عند أدلة القلوب (الدلاليك) لوجود خلوص بين ركائز القلوب والقالب كما هو واضح في شكل (17 أ) . وتكمن مشكلة الزوائد في هدر المعدن المصبوب ، وصعوبة إزالة الزوائد مما يزيد من تكلفة وزمن الانتاج ، وفي بعض الأحيان يؤدي إزالة الزوائد لحدوث تشوه في التصميم . ومن الأسباب الرئيسية لحدوث هذا العيب : الأخطاء الواقعة اثناء عملية تجميع القالب ، أو نتيجة عدم تطابق نصفي النموذج ، أو بسبب عدم احكام غلق القالب ، وأحياناً نتيجة ضغط المعدن المصبوب . أما من الناحية التصميمية فإن كثرة القلوب يؤدي إلى ذلك في كثير من الأحيان وكذلك كثرة الفراغات .

ويمكن تجنب ذلك من خلال : مراعاة إحكام تجميع وغلق نصفي القالب – مراعاة دقة القياس عند صنع النموذج – التصميم الجيد لنظام الصب وعدم صب المعدن بسرعة أكبر من اللازم – الإقلال من القلوب والفراغات قدر المستطاع . ويوضح شكل (17 ب) نموذج لأحد التطبيقات التي تم مراعاة ذلك فيها .

شكل (17 أ)
نموذج لزوائد المعدن في المسبوكة

شكل (17 ب)
تطبيق عملي روعي فيه عدم استخدام قلوب والإقلال من الجاويف

3-2-2 عدم تطابق نصفي المسبوكة : ويحدث بالمسبوكة عند سطح انفصال القالب نتيجة عدم التطابق بين نصفي المسبوكة في حالة المسبوكات المكونة من نصفين كما هو موضح في شكل (18) . ومن الأسباب الرئيسية لحدوث هذا العيب : عدم الإحكام الجيد لجزئي القالب عند غلقه مما ينتج عنه إزاحة لأحد الجزئين . أو عدم تطابق جزئي النموذج عند عملية تصنيعه أو تجميعه .
ويمكن تجنب ذلك من خلال : الإغلاق المحكم لصندوق القالب – مراعاة الدقة عند تصنيع وتجميع أجزاء النموذج.

شكل (18)
نموذج لعدم تطابق نصفي المسبوكة

4-2-2 خشونة السطح : ويحدث بالمسبوكة كما في شكل (19) نتيجة استعمال رمل ذو حبيبات كبيرة ، أو بسبب ضعف القالب ، أو ارتفاع درجة حرارة المعدن المصهور بشكل كبير .
ويمكن تجنب ذلك من خلال : اسخدام رمال صغيرة الحبيبات نسبياً – تحسين خاصية المتانة في الرمل باستخدام روابط مناسبة وإضافة مواد مثبتة إلى خليط الرمل – عدم المبالغة في رفع درجة حرارة المعدن المصهور .

شكل (19)
نموذج لخشونة السطح في أحد التطبيقات

5-2-2 العروق والشروخ : وهي عبارة عن تشققات واضحة كما في شكل (20 أ) يمكن أن ترى بالعين المجردة أو باستخدام مكبر . وتكون طولية أو متعرجة وتحدث عموماً على الأطراف الحادة للقطع والزوايا . ومن الأسباب الرئيسية لحدوث هذا العيب : سوء التصميم للمسبوكة حيث أن وجود الأركان والحواف الحادة يسبب تولد اجهادات في المصبوب

أثناء تصلد المعدن المنصهر . وكذلك عند التقاء جزئين مخلفين في السمك في القطعة ذاتها مما يحدث معه اجهادات داخلية نتيجة الاختلاف في درجات الحرارة .

ويمكن تجنب ذلك من خلال : التصميم الجيد الذي يتم فيه تجنب الأشكال المعقدة والزوايا القائمة والحواف الحادة واستبدالها بانحناءات دائرية ويوضح شكل (20 ب) بعض التطبيقات التي تم مراعاة هذه الاعتبارات فيها .

شكل (20 أ)
نموذج لتشققات سطح المسبوكة عند الأركان الحادة

شكل (20 ب)
تطبيق عملي روعي فيه تجنب الأشكال المعقدة والحواف الحادة والزوايا القائمة

6-2-2 الفقاعات الغازية (البخبخة) : وهي عبارة عن أبخرة وغازات حبست داخل المعدن . وتظهر على شكل فجوات أو فراغات صغيرة داخلية لا تظهر إلا بالفحص الإشعاعي ، أو خارجية تظهر على سطح المعدن كما هو واضح في شكل (21 أ) وأسباب حدوث البخبخة عديدة أهمها : عدم وجود مسامية كافية في رمل القالب نتيجة الرطوبة العالية والدك المفرط لرمل القالب . ارتفاع كمية الغازات الناتجة عن المعدن المصهور . عدم توفر تنفيس جيد نتيجة لسوء تصميم نظام الصب . أما من حيث التصميم فإن الأشكال المعقدة تكثر فيها هذه المشكلة نظراً لكثرة التفاصيل التي تساعد على انحباس الأبخرة والغازات . كما أنها تكثر أيضاً في المستويات الأفقية الكبيرة .

ويمكن تجنب ذلك من خلال : التصميم الجيد لأنظمة الصب والتغذية واختيار المكان الأفضل للمتنفسات – تجنب المستويات الأفقية الكبيرة بالمسبوكات أو الاستغناء عنها باستخدام مستويات مائلة – تجنب التفاصيل كثيرة التعقيد - استخدام رمل ذو نفاذية مناسبة مع اختيار اسلوب مناسب للدك. ويوضح شكل (21 ب) بعض التطبيقات التي تم مراعاة ذلك فيها .

شكل (21 أ)
نموذج لظهور البخبخة في أحد التطبيقات

شكل (21 ب)
تطبيق عملي روعي فيه تجنب الأشكال المعقدة كثيرة التفاصيل وكذلك تجنب المستويات الأفقية الكبيرة واستبدالها بمستويات مائلة

7-2-2 فجوات التجمد (فجوات الانكماش) : وهي الفراغات الناتجة عن تقلص المعدن خلال تجمده وعدم كفاية المعدن المغذي للمسبوكة في أماكن تجمع المعدن كما في شكل (22 أ) . وتنتج فجوات التجمد نتيجة لأسباب من أهمها : التصميم الغير صحيح للمسبوكة والمصبات والمغذيات من حيث الحجم والموضع . أو الخطأ في حساب درجة انكماش المعدن المصبوب وبالتالي سماحيات الإنكماش . وكذلك زيادة المساحات المسطحة بشكل كبير . أو الانتقال من الأجزاء السميكة إلى الأجزاء الرقيقة فجأة ودون تدريج.

ويمكن تجنب ذلك من خلال : التصميم الجيد للمسبوكات والمصبات والمغذيات وخاصة من حيث الحجم والمكان – مراعاة الانتقال في تصميم المسبوكة من الأجزاء السميكة إلى الأجزاء الرقيقة تدريجياً حتى يعوض ذلك فرق درجات الحرارة في عملية تجمد المعدن . استبدال المساحات المسطحة الكبيرة بأخرى محدبة إن أمكن. ويوضح شكل (22 ب) بعض التطبيقات التي روعي فيها ذلك .

شكل (22 أ)
نموذج لفجوات التجمد في المسبوكة

شكل (22 ب)
تطبيق عملي روعي فيه تجنب المسطحات الكبيرة واستبدالها بأسطح منحنية كما روعي فيها تدرج الانتقال بين التخانات المختلفة

8-2-2 تجاويف رملية : وتحدث عند السطح كما هو واضح في شكل (23 أ) نتيجة انهيار أجزاء من رمل القلب إما أثناء اخراج النموذج من القالب وذلك بسبب وجود عيوب تصميمية خاصة بميل الأسطح الرأسية (السلبية) أو نتيجة احتواء التصميم على أشكال معقدة أو زوايا حادة أو مستقيمة أو جدران رقيقة جدا أو مقاسات للتجاويف غير منضبطة . مما يؤدي إلى انهيار جزء من رمل القالب أثناء عملية الصب . أو نتيجة سوء تصميم نظام المصبات

ويمكن تجنب ذلك من خلال : مراعاة سلبية الأشكال (وهو ميل الأركان بزاوية 3:1 درجة) حتى يسهل اخراج النموذج من القالب بعد عملية الختم دون حدوث انهيار للرمل – مراعاة تجنب الأشكال المعقدة في التصميم أو الاتصالات الكثيرة بين الأجزاء – تجنب الزواية الحادة واستبدالها بزوايا منفرجة مستديرة الأركان - استبعاد المقاطع الرفيعة من التصميم ما أمكن على أن يكون الحد الأدنى لسمك القطاعات كما يلي : (م 13 ص 702)

الألومنيوم (4.7 مم) – النحاس (3 مم) – الحديد (3 مم) – الصلب (6 مم)

وكذلك مراعاة مقاسات التجاويف والتي ينبغي ألا يقل قطرها عن (7 : 10 مم) على ألا يزيد عمقها عن 40% من القطر . ويوضح شكل (23 ب) بعض التطبيقات التي روعي فيها ذلك .

شكل (23 أ)
نموذج للفجوات الرملية في المسبوكة

شكل (22 ب)
تطبيق عملي روعي فيه تجنب الزوايا الحادة والأركان المستقيمة واستبدالها بزوايا منفرجة وأركان مستديرة كما روعي فيها تدرج الانتقال بين التخانات المختلفة

3- اعتبارات تصميمية للتحسين من جودة سطح المسبوكات المعدنية

بناءاً على ما سبق يتبين أن مشكلات السباكة الرملية المؤثرة على جودة سطح المسبوكة بعضها يتعلق بالنواحي التصميمية وبعضها الأخر يتعلق بالنواحي الفنية (نوع الخامة – عمليات الإنتاج والتشطيب) ونظراً لكون البحث يتناول تلك المشكلات وكيفية علاجها من حيث الجوانب التصميمية فإنه يمكن استخلاص الاعتبارات التصميمية المؤثرة على جودة سطح المسبوكة فيما يلي :

- تجنب التغيرات الفجائية عند تصميم المقاطع المختلفة ومراعاة التدرج في الانتقال من المقاطع ذات السمك الكبير إلى المقاطع ذات السمك الصغير .
- تقليل الاتصالات بين الأجزاء ما أمكن وعند صعوبة ذلك يلجأ إلى تجزأة المنتج إلى أجزاء متعددة ثم تجميعها بعد ذلك بطرق التجميع المختلفة .
- تجنب الحواف والأركان الحادة واستبدالها بالحواف والأركان المستديرة .
- استبعاد المقاطع الرفيعة الجدران ما أمكن على أن يكون الحد الأدنى لسمك القطاعات تبعاً لنوع المعدن المصبوب كما يلي : الألومنيوم (4.7 مم) – النحاس (3 مم) – الحديد (3 مم) – الصلب (6 مم)
- مراعاة اختيار المعدن المصبوب استناداً إلى التخانات في التصميم وطبيعة التشطيب .
- مراعاة أبعاد الثقوب والفجوات التي تشكل بالصب والتي ينبغي ألا يقل قطرها عن(7 :10 مم) . كما ينبغي ألا يزيد عمقها عن 40% من القطر .
- تجنب الزوايا الحادة والمستقيمة ما أمكن واستخدام الزوايا المنفرجة خاصة في الأسطح الرأسية على ألا تقل درجة ميل الأركان عن(1 : 3) درجة
- مراعاة إضافة السماحات اللازمة إلى الأبعاد الحقيقية للمسبوكة وخاصة سماحات الإنكماش والتشطيب وهي كالتالي :

أولاً : سماحات الإنكماش لكل متر(الحديد الزهر 8-9مم _ الصلب والنحاس الأصفر 16-18مم _ الألومنيوم 13مم)
ثانياً : سماحات التشطيب وتختلف باختلاف المعدن ونوع العمليات وعموماً (للمسبوكات الحديدية 1.5مم/ لكل بعد – للمسبوكات الغير حديدية 3مم/ لكل بعد)

- مراعاة البساطة ما أمكن في المسبوكات المنتجة في القوالب الرملية للتغلب على وجود اجهادات ناشئة عن سرعة التبريد وحدوث تجمد اتجاهي . وكذلك لضمان جودة وسهولة التشطيب النهائي .

- تجنب الأشكال المعقدة التي تؤدي إلى صعوبة في سحب النموذج مثل الأجزاء البارزة , والجدران الرقيقة المقطع ، والتفاصيل الدقيقة .
- تجنب استخدام القلوب أو التقليل منها قدر المستطاع وذلك لزيادة الدقة الكلية في أبعاد المصبوب وكذلك تجنب تغيير سمك الجدران نتيجة إزاحة القلب .

4- نتائج البحث

وقد انتهي البحث إلى مجموعة من النتائج كما يلي :

- تختلف المشكلات المؤثرة على جودة سطح المسبوكات وتتنوع إلا أن أغلبها ينطوي تحت ثلاثة محاور أساسية : (مشكلات خاصة بالتصميم – مشكلات خاصة بالخامة – مشكلات خاصة بأساليب الانتاج والتشطيب) .
- عيوب المسبوكات لا تظهر إلا بعد تجمد المصبوب وإخراجه من القالب لذا يتعين اتخاذ خطوات استباقية في تجنب المشكلات المتوقعة لضمان جودة سطح المسبوكة .
- يتوقف أسلوب فحص المسبوكات الأمثل وتوقيته على طبيعة الخصائص والمواصفات المطلوب الحصول عليها ، والوظيفة التي صممت من أجلها . فالخصائص الجمالية مثلا يكتفى فيها بالفحص بمجرد النظر ، أما الخصائص الإنشائية فتحتاج إلى الفحص الميكانيكي ويكون قبل تشطيب المسبوكة .
- يتعين على المصمم أن يكون على دراية تامة بالسباكة كعملية انتاجية وبالمشكلات التي تحدث فيها وأسبابها وخاصة التي تؤثر على جودة تشطيب سطح المسبوكة وذلك لتلافي تلك العيوب عند البدأ في وضع التصميم وبناء النموذج.
- يفضل عند تصميم المسبوكات المنتجة بطريقة السباكة الرملية تجنب التغيرات الفجائية عند تصميم المقاطع المختلفة في السمك ومراعاة التدرج في الانتقال من المقاطع الكبيرة إلى الصغيرة واستبعاد المقاطع الرفيعة الجدران ما أمكن مع تقليل الاتصال بين الأجزاء قدر المستطاع .
- عند تصميم المسبوكة والنموذج يراعى تجنب الحواف والأركان الحادة واستبدالها بالمستديرة مع مراعاة أبعاد الثقوب والفجوات وتجنب الزوايا الحادة والمستقيمة واستبدالها بالزوايا المنفرجة .
- مراعاة اضافة السماحات اللازمة إلى الأبعاد الحقيقية والمتمثلة في سماحات الانكماش وسماحات التشطيب والتي تختلف تبعاً لنوع المعدن المصبوب .
- مراعاة البساطة ما أمكن وتجنب الأشكال المعقدة مع التقليل قدرالمستطاع من القلوب .

المراجع

1-حلمي, أحمد زكي . *أساسيات تكنولوجيا التصنيع (تشكيل المعادن بدون قطع)* . الدار المصرية للعلوم , القاهرة . 2003

2-عمر، أحمد مختار . *معجم اللغة العربية المعاصرة* . عالم الكتب , القاهرة 2008 .

3-الموسوي , علي إبراهيم . *عملية تصنيع المعادن* . دار الرضوان للنشر والتوزيع , العراق. 2013 .

4-ه.ف تايلور , م .س .فلمنجز . ترجمة عثمان حسن ابراهيم . *هندسة السباكة* . الهيئة المصرية العامة للكتاب , القاهرة .1996

5-Aran, Ahmet . *Manufacturing Propertis of Engineering Materials* , ITU, Department of Mechanical Engineering, 2007

6-E, Paul Degarmo & JT, Black. *Materials and Processes in Manufacturing*. 11th Edition, John Wiley & Sons Inc. USA 2012.

7- E. Tucker, Reginald. *Metal Finishing Guidebook. Publisher David Hopwood* , New York U.S.A 2013.

8- Mahi, Sahoo & Sudhari, Sahu. *Principles of metal Casting* .3rd Edition , Hill Pub.Co, New Delhi 2014.

9- P. Groover, Mikell. *Fundamentals of Modern Manufacturing Materials Processes and Systems.* 4th Edition , John Wiley & Sons Inc 2010.

10- Pierpont, Thomas & Allen, P. Davis. 1993 . *Waste Minimization in Electro polishing.* Principal Investigator Pier-Sol ,Inc.

11- Ron, Amaral & Leonel, , Ho Chong *." Surface Roughness "* , December 2, 2002 https://pdfs.semanticscholar.org

12- T. V, Rao *Metal Casting: Principles and Practice.* New Age International , India New Delhi 2003.

13-W.Heine, Richard & R.Loper, Carl. *Principles of Metal Casting* . 2nd Edition, TATA Mc. Graw-Hill Pub. Co. New Delhi 1989.

14-http://promss.blogspot.com.eg/2013/02/sand-casting

15- http://www.mechanicalengineeringblog.com

16- http://www.MetalCastingZone.com

17- http://www.techinc.com

18- https://en.wikipedia.org/wiki/Sand_casting