الجمهورية العربية السورية

جامعة دمشق

كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية

قسم هندسة التصميم الميكانيكي

تحسين جودة منتجات معامل السيراميك في سورية -

(دراسة حالة: معمل زنوبيا)

رسالة مقدمة لنيل درجة الماجستير في الهندسة الصناعية

إعداد

المهندس جميل محمد سمير الشوا

المشرف العلمي

الدكتور المهندس محمد معاذ الخياط

2021

تم إجراء التعديلات المطلوبة في هذه الأطروحة

وتعد هذه النسخة النهائية المعتمدة لأطروحة الماجستير للمهندس

جميل محمد سمير الشوا

أ. م. د عصام قرقوط	
أ. م. د محمود الحناوي	
د. محمد معاذ الخياط	

﴿الإهداء﴾

إلى من بعث نذيراً وبشيراً ...

إلى الذي كان أساساً في هداية البشرية ونقلها من الظلمات إلى النور ...

..... سيدنا محمد صلى الله عليه وسلم

إلى من علمني الشموخ كما علمني الصبر ...

إلى من أعطى فأفاض وأحب فضحى ...

إلى من تصغر الكلمات أمام وصفه ...

إلى من رضاه يسمو بي إلى الأعلى ...

إلى من كان وما زال مثلي الأعلى ...

..... إليك أبي

إلى القلب النابض بالحب والحنان والوجه الناطق بالصبر والإيمان

من تفتحت عيناي على مرآها الكريم فظلت أقرب من الرمش إلى عيني

وأغلى من الروح على نفسي

من اتخذت التضحية ديناً والتفاني مذهباً

فأعطت بلا حدود ووهبت دون انتظار مكافأة طالما أوقدت جذور الفرح في نفوسنا بسمة من شفتيها ...

إلى سر وجودي في هذه الحياة ...

..... أمي الحبيبة

تجد ابتسامة دائمة تحرك فيها أجمل طعم للحياة ...

عيونُ تشع دائماً بالأمل ...

صبرُ ودأبُ وعنفوانُ لا ينطفئ ...

خمسة حروف ...

حبُ وسلام، نورُ متقد، أملُ دائم، نبع عطاء، قوة وتحدي

إخوتي الأعزاء .....

إلى من سار معي خطوة بخطوة ...

كان موجوداً دائماً ليصدقني النصح ...

جعلني أؤمن بأن روح الأسرة تعزز كل نجاح ...

إلى زوجتي التي قالت كلمتها في حياتي لتصنع حجراً في بناء نجاحي ...

زوجتي العزيزة .....

إلى من له الفضل الأكبر.

إلى من وقف جانبي بكل محطة

إلى المرشد والموجه والأب والصديق

الذي لم يبخل علي يوماً بالنصيحة...

المشرف العلمي العزيز .....

لكل من علمني درساً أو حرفاً ...

لكل من ترك ابتسامة في محطة أيامي ...

ولكل من ترك ذكرىً جميلةً في ذاكرتي ...

أساتذتي الكرام .....

وإلى كل من ساهم في صناعة نجاحي

الفهرس

الإهداء iii

الفهرس v

فهرس الجداول viii

فهرس الأشكال v

الملخص xiv

المصطلحات المستخدمة xv

مقدمة 1

الفصل الأول: إنتاج السيراميك 2

1 – 1 مقدمة 3

1 – 2 عملية إنتاج بلاط السيراميك 3

1 – 2 – 1 المرحلة الأولى: تخزين المواد الأولية (تخزين الحصى) 5

1 – 2 – 2 المرحلة الثانية: الوزن 7

1 – 2 – 3 المرحلة الثالثة: الطحن 8

1 – 2 – 4 المرحلة الرابعة: التخزين والتنخيل 8

1 – 2 – 5 المرحلة الخامسة: التذرية (فصل الماء) 10

1 – 2 – 6 المرحلة السادسة: تخزين البودرة 12

1 – 2 – 7 المرحلة السابعة: التشكيل بالكبس 12

1 – 2 – 8 المرحلة الثامنة: التجفيف 13

1 – 2 – 9 المرحلة التاسعة: تحضير الجليز 15

1 – 2 – 10 المرحلة العاشرة: المعالجة السطحية والديكور للمنتجات السيراميك 16

1 – 2 – 11 المرحلة الحادية عشر: التخزين قبل الشواء 19

1 – 2 – 12 المرحلة الثانية عشر: الشوي (الحرق) 19

1 – 2 – 13 المرحلة الثالثة عشر: التخزين بعد الشواء 22

1 – 2 – 14 المرحلة الرابعة عشر: الفرز والتعبئة والتخزين 23

1 – 2 – 14 المرحلة الخامسة عشر: تغليف المنصات الخشبية الممتلئة بالسيراميك 24

الفصل الثاني :المشاكل الفنية التي قد تحدث في صناعة السيراميك 27

2 – 1 المقدمة 28

2 – 2 المشكلات المحتملة في صناعة السيراميك خلال مراحل الإنتاج 28

2 – 2 – 1 مشاكل مرحلة إعداد وتحضير خليط المرو 28

2 – 2 – 2 مشاكل مرحلة إعداد وتحضير البودرة 32

2 – 2 – 3 مشاكل مرحلة التشكيل بالكبس 34

2 – 2 – 4 مشاكل مرحلة التجفيف 38

2 – 2 – 5 مشاكل مرحلة التغطية بالجليز 40

2 – 2 – 6 مشاكل مرحلة الشوي بالفرن 45

2 – 3 المشكلات المحتملة في صناعة السيراميك والتي تظهر في المنتج النهائي 49

2 – 3 – 1 مشكلة اختلاف درجات الألوان 49

2 – 3 – 2 مشكلة الدبابيس (الثقوب الإبرية) 50

2 – 3 – 3 مشكلة التقشير 51

2 – 4 لماذا تم اختيار قسم تحضير الجليز 52

2 – 4 – 1 مبدأ (تحليل) باريتو (Pareto principle) 52

2 – 4 – 2 تكرارية العيوب في الأقسام الإنتاجية ضمن المعمل المدروس 54

2 – 4 – 3 مبررات اعتماد قسم تحضير الجليز بأنه أكثر الأقسام تأثيراً على جودة المنتج النهائي 59

الفصل الثالث :الحل المقترح لمعالجة أهم المشاكل الإنتاجية التي تواجهها صناعة السيراميك 64

3 – 1 مقدمة 65

3 – 2 آلية عمل قسم تحضير الجليز الموجود حالياً ضمن المعمل المدروس 65

3 – 3 آلية عمل قسم تحضير الجليز المقترح كبديل عن القسم الموجود 70

3 – 4 الشكل العام لقسم تحضير الجليز ومستلزماته 77

3 – 5 بيانات مالية خاصة بإنتاج السيراميك وكلفة التعديل 80

3 – 5 – 1 كلفة انتاج السيراميك وخلطة الجليز 80

3 – 5 – 2 كلفة التعديل على قسم تحضير الجليز 84

النتائج 88

التوصيات والمقترحات 89

المراجع 90

فهرس الجداول

الجدول (3 – 1) تكلفة خليطة جليز بوزن 1 طن 80

الجدول (3 – 2) كلفة التعديل على قسم تحضير الجليز 84

فهرس الأشكال

الشكل (1 – 1) تسلسل عملية صناعة السيراميك 4

الشكل (1 – 2) مخطط صندوقي يوضح تسلسل عملية صناعة السيراميك 5

الشكل (1 – 3) الحجرات البيتونية التي يتم تخزين المواد الأولية ضمنها 6

الشكل (1 – 4) الخزانات المعدنية التي تنقل إليها المواد الأولية 6

الشكل (1 – 5) قسم الوزن وتوضع الخزانات والسيور الحاملة لخلايا الوزن وسيور النقل 7

الشكل (1 – 6) شكل عام للمطاحن المستمرة 8

الشكل (1 – 7) مرور مادة المرو على المناخل الرجاجة 9

الشكل (1 – 8) الخلاطات المركبة للآبار الأرضية 9

الشكل (1 – 9) المذرر 10

الشكل (1 – 10) المضخة المكبسية 11

الشكل (1 – 11) آلية عمل المذرر 11

الشكل (1 – 12) صوامع تخزين البودرة 12

الشكل (1 – 13) المكابس 13

الشكل (1 – 14) حجرات المجففات والرولات 14

الشكل (1 – 15) آلية نقل الحركة مع الحراقات 14

الشكل (1 – 16) آلية عمل المجفف 15

الشكل (1 – 17) مطاحن الجليز الثابتة 16

الشكل (1 – 18) أجزاء من خط الطلاء بالجليز 16

الشكل (1 – 19) التغطية بالجليز بواسطة الشلالات 17

الشكل (1 – 20) طابعات الرول 18

الشكل (1 – 21) طابعات الديجيتال 18

الشكل (1 – 22) عربات تخزين السيراميك قبل الشواء مع السيارة الحاملة لهذه العربة 19

الشكل (1 – 23) حجرات الفرن المعدنية 20

الشكل (1 – 24) توزع المناطق الحرارية في الفرن 21

الشكل (1 – 25) آلية نقل الحركة في الأفران 21

الشكل (1 – 26) منطقة الشواء في الفرن والحراقات الموجودة 22

الشكل (1 – 27) منصات تخزين السيراميك المشوي مع السيارة الحاملة للمنصة 22

الشكل (1 – 28) آلة تجميع النخب 23

الشكل (1 – 29) الآلة التي تقوم بجمع الصناديق فوق بعضها البعض 23

الشكل (1 – 30) الروبوت الذي يقوم بإنزال صناديق بلاط السيراميك على المنصات الخشبية 24

الشكل (1 – 31) السيارة التي تقوم بنقل المنصات الخشبية 24

الشكل (1 – 32) آلة تحزيم المنصة الخشبية بحزام أفقي 25

الشكل (1 – 33) آلة تحزيم المنصة الخشبية بحزام شاقولي 25

الشكل (1 – 34) الآلة التي تقوم بلف غطاء النايلون على المنصة الخشبية 26

الشكل (2 – 1) أهم العيوب في قسم تحضير الجسم وأهم المسببات لها 33

الشكل (2 – 2) كسر الزوايا 36

الشكل (2 – 3) عدم نظافة وجه البلاط المنتج 37

الشكل (2 – 4) شروخ صغيرة على جوانب البلاطة 37

الشكل (2 – 5) شروخ كبيرة في البلاطة 38

الشكل (2 – 6) أهم العيوب في قسم الكبس والتشكيل وأهم المسببات لها 38

الشكل (2 – 7) أهم العيوب في قسم التجفيف وأهم المسببات لها 40

الشكل (2 – 8) الثقوب الإبرية 41

الشكل (2 – 9) ثقوب مخروطية 41

الشكل (2 – 10) الثقوب المجوفة 42

الشكل (2 – 11) الندبات الكبيرة على سطح الجليز (الغليان) 43

الشكل (2 – 12) الندبات الصغيرة على سطح الجليز (الغليان المصغر) 43

الشكل (2 – 13) الرايش على سطح الجليز 44

الشكل (2 – 14) أهم العيوب في قسم تحضير الجليز وأهم المسببات لها 45

الشكل (2 – 15) تقوس البلاط للأسفل 47

الشكل (2 – 16) تقوس البلاط للأعلى 47

الشكل (2 – 17) شرخ كبير في الجسم وطبقة الجليز معاً 48

الشكل (2 – 18) شرخ صغير في طبقة الجليز فقط 48

الشكل (2 – 19) أهم العيوب في قسم الشوي وأهم المسببات لها 49

الشكل (2 – 20) تقشير طبقة الجليز 52

الشكل (2 – 21) مثال لمخطط باريتو 53

الشكل (2 – 22) تكرارية العيوب خلال شهر أيلول من عام 2020 55

الشكل (2 – 23) تكرارية العيوب خلال شهر تشرين الأول من عام 2020 56

الشكل (2 – 24) تكرارية العيوب خلال شهر تشرين الثاني 2020 57

الشكل (2 – 25) تكرارية العيوب خلال شهر كانون الأول من عام 2020 58

الشكل (2 – 26) كمية الجليز المنتجة في القسم المدروس 60

الشكل (3 – 1) الأكياس القماشية الحاوية على المواد المستوردة 66

الشكل (3 – 2) مخطط الموقع العام لقسم الجليز الموجود ضمن المعمل المدروس 67

الشكل (3 – 3) مطاحن الجليز ومنصة الخدمة الخاصة بها 68

الشكل (3 – 4) المنصة مع الخزانات المستخدمة لحفظ مادة الجليز الجاهز 69

الشكل (3 – 5) العربة الحاوية على منخل رجاج ومضخة غشائية 70

الشكل (3 – 6) خزان حفظ المواد المطلوب تصنيعه 72

الشكل (3 – 7) جهاز الرجاج الواجب استخدامه على مخرج خزانات حفظ المواد 73

الشكل (3 – 8) مقترح خزانات حفظ المواد مع المنصة الحاملة والرافعة الجسرية 74

الشكل (3 – 9) خلايا الوزن المستخدمة في السيور الناقلة 75

الشكل (3 – 10) تغير المقاومة عند شد وضغط حساس الانفعال 75

الشكل (3 – 11) الشكل العام للسيور الناقلة 76

الشكل (3 – 12) قسم الجليز بعد التعديل مع إبقاء مطاحن الجليز مكانها 78

الشكل (3 – 13) قسم الجليز بعد التعديل مع نقل مطاحن الجليز إلى القسم الجديد 79

الشكل (3 – 14) نسبة مادة الجليز في قطعة السيراميك الواحدة One Tile 81

الشكل (3 – 15) كمية الجليز المنتجة في القسم المدروس وكلفتها 82

الشكل (3 – 16) كمية السيراميك المنتجة عند تصنيع 60 طن من الجليز 83

الشكل (3 – 17) كمية وكلفة السيراميك المنتجة عند تصنيع 60 طن من الجليز 83

الشكل (3 – 18) الفرق بين مبيع المنتج المحقق للجودة المطلوبة والمنتج المعاب 85

الشكل (3 – 19) الفرق بين الأرباح بالنسبة للمنتج المحقق للجودة المطلوبة والمنتج المعاب 86

الشكل (3 – 20) نقصان الربح نتيجة الحصول على منتجات معيبة 86

الشكل (3 – 21) الفرق بين خسارة الأرباح وتكلفة تعديل قسم تحضير الجليز 87

ملخص الدراسة

الهدف من هذا البحث هو تحسين جودة منتجات معامل السيراميك وتحديد أماكن الخلل الفني ضمن العملية الإنتاجية، والتي تؤثر على جودة منتج بلاط السيراميك وتزيد من الهدر وتقلل من معدّل الأرباح الواجب تحقيقها.

تمت الدراسة في شركة زنوبيا لإنتاج السيراميك وأطقم الحمام. ركّزت الدراسة على العيوب المختلفة التي يمكن أن تظهر على سطح بلاطة السيراميك Tile، حيث لوحظ بأن مسببات تلك العيوب في الأقسام الإنتاجية المختلفة كانت تُعالج بمدة أصغر وبنسبة هدر أقل مقارنة مع ذلك في قسم تحضير خليط الجليز.

استنتجنا من خلال المتابعة والدراسة والتحليل بأن السبب الرئيس وراء أكثر العيوب التي قد تظهر في قسم تحضير الجليز، كانت بسبب عدم وجود آلية دقيقة لخلط ووزن المواد الأولية الداخلة في خليط الجليز، حيث الاعتماد في ذلك كان فقط على العنصر البشري.

قمنا بتنفيذ دراسة هندسية لتعديل آلية العمل في هذا القسم من حيث عمليات الخلط والوزن وجعلها عمليات مؤتمتة والحد من التدخل البشري قدر الإمكان، الأمر الذي سيؤدي إلى تحسين جودة مخرجات هذا القسم والتخلص من المشاكل الفنية المختلفة التي كانت تسيء للجودة وتزيد من هدر المواد.

تم التوصّل إلى النتائج التالية:

إن العيوب التي تحدث وتؤثر في جودة المنتج بسبب خطأ بعمل قسم تحضير الجليز تؤثر بشكل كبير على شكل المنتج النهائي له وخاصة في الطبقة السطحية الظاهرة منه، بينما العيوب الأخرى التي قد تحدث نتيجة أخطاء عمل الأقسام الأخرى لا تظهر على سطح بلاطة السيراميك.

إن حدوث عيب بطبقة الجليز السطحية سوف يُحوّل نخب المنتج من نخبٍ أول إلى نخبٍ رابع أو أسوء، بينما هذا الشيء قد لا يحدث من جرّاء العيوب التي قد تظهر خلال عملية الإنتاج في الأقسام الأخرى.

عند تحضير الجليز ذو الجودة المنخفضة سوف تقل قيمة الأرباح بمقدار 67 ألف (و.ن) *لكل دورة إنتاج لقسم تحضير الجليز بينما تكلفة تعديل قسم تحضير الجليز هي 114 ألف* (و.ن) تقريباً.

المصطلحات المستخدمة:

العربي	الأجنبي
السيراميك	Ceramics
بلاط السيراميك	Ceramic Tiles
الرمل	Sand
الفلدسبار	Feldspar
الغضار	Clay
الكاؤولين	Kaolin
التلك	Talc
التراخيت	Basalt
هيدروكسيد الصوديوم	Sodium hydroxide
سيليكات الصوديوم	Sodium silicate
كربونات الكالسيوم	Calcium carbonate
مزلقات	Gliding materials
الجليز (الطبقة الزجاجية)	Glaze
الدولوميت	Dolomite
مواد رابطة	Binder
لودر ميكانيكي	loader truck
الوزن	Weighing
سيور ناقة	Conveyor belt
خلايا وزن	Load cell
الطحن	Grinding
مضخات غشائية	Diaphragm pumps
المرو	Slip
المناخل الرجاجة	Vibrating sieves
المذرر	Spray dryers
المضخات المكبسية	Piston pump
تخزين البودرة	Powder storage

Storage silos	سيلويات تخزين
Forming by pressing	التشكيل بالكبس
Filler box	صندوق تعبئة المكبس
Drying	التجفيف
Glaze preparation	تحضير الجليز
Silica	السيليكا (الزجاج السابق)
Alkalis	القلويات
Alkaline Soil	التراب القلوي
Boron	البورون
Lead	الرصاص
Zirconium	الزركونيوم
Titanium	التيتانيوم
Iron	الحديد
Chrome	الكروم
Cobalt	الكوبالت
Manganese	المنغنيز
Fixing materials	بمواد التثبيت
Engobe	والأنغوب
Roller printers	طابعات الرول
Digital printers	الطابعات الديجيتال
Grilling	الشوي (الحرق)
Gas burner	حراقات الغاز الطبيعي
Sorting line	خط الفرز
Glazing line	خط الطلاء
Plastic strap	حزام بلاستيكي
Nylon cover	غطاء نايلون
Forklift	رافعات شوكية
Heterogeneity of ores	عدم تجانس الخامات
Deflation	الانكماش

Weight errors	أخطاء الوزن
Viscosity	اللزوجة
Density	الكثافة
The precipitate	الراسب
Gradient for granules	التدرج الحبيبي
Stretching	التمدد
Green tile	البلاط الأخضر
Beveled corners	شطف الزوايا
Protrusion	بروز
Scar	ندب
Cracks	شروخ
Holes	الثقوب
Boiling	الغليان
Freckle	النمش
Feather	الرايش
Needle	أبرية
Conical	مخروطية
Hollow	المجوفة
Curvature	التقوس
Color difference	اختلاف درجات الألوان
Peeling	التقشير

مقدمة:

لقد انتشرت صناعة السيراميك (Ceramics) في الأونة الأخيرة على نطاق واسع وتنوعت استخداماته وتوسعت بعد أن كانت مقتصرة على أواني المطبخ والخزف وبلاط أرضيات وجدران الحمامات والمطابخ والمسابح، ومع تطور صناعة بلاط السيراميك وتعدد مقاساته وألوانه تعددت وتنوعت استخداماته، فأصبح يستخدم بتشكيلات مختلفة على واجهات المحلات والمراكز التجارية والمباني الرياضية والمستشفيات والفيلات ومحطات مترو الأنفاق وغيرها وأماكن أخرى غير تقليدية لم يستخدم فيها من قبل.

وقد كان السوق العربي بصفة عامة و السوري بصفة خاصة يعتمد فيما مضى على الأنواع المستوردة من السيراميك وبصفة خاصة من اسبانيا وإيطاليا، ثم أنشأت شركة الإسكان العسكري التابعة للقطاع العام للدولة أولى الشركات السورية التي خاضت مجال إنتاج السيراميك بجانب شركات حكومية لإنتاجها للخزف من أطباق وأدوات صحية وغيرها، ولكن من الملاحظ أن إنتاجها لم يكن وقتئذ بالجودة المطلوبة، ومع الهجمة العمرانية في المدن الجديدة والمناطق الناشئة الجديدة أصبح السوق متعطشاً ومهيأً لقيام صناعة سيراميك كبرى في سوريا، فخرجت إلى النور العديد من الشركات مثل الشام و الريف و بلقيس و غرينادا و اشبيليا و الوطنية و زنوبيا و ديكور و الملكي و سيسكو وفي مصر كليوباترا والجوهرة وألفا والأمير وبريما وروك والفراعنة وفي السعودية شركة الخزف السعودي والفنار واليمامة وفي الإمارات رأس الخيمة وغيرها استطاعت أن تغطى احتياجات السوق المحلي للدول العربية بل وتصدر إلى الخارج.

تناولت الدراسة في الفصل الأول شرح عملية إنتاج بلاط السيراميك، وماهي الخطوط لإنتاجية المستخدمة.

تم التوضيح في الفصل الثاني عن المشاكل الإنتاجية التي تحدث خلال عملية تصنيع بلاط السيراميك والتي تؤدي إلى تدني مستوى الجودة في المنتج النهائي، وتم دراسة المشاكل الناتجة عن كل قسم على حدة مع توضيح آليات حل هذه المشاكل.

في الفصل الثالث تم اعتماد أن قسم تحضير الجليز هو أكثر الأقسام تأثيراً على جودة المنتج النهائي، وتمّت دراسة تعديل آلية عمل هذا القسم، وتمّت دراسة تكلفة هذا التعديل مع التكلفة الناتجة عن تصنيع منتجات معيبة ومقارنة هذه القيم مع بعضها البعض.

الفصل الأول

إنتاج السيراميك

1 – 1 مقدمة

تمّت دراسة حالة إحدى معامل شركة زنوبيا، حيث تأسست شركة زنوبيا محدودة المسؤولية في عام 2000، على أرض مساحتها 163300 م2 مائة وثلاثة وستون ألف وثلاث مئة متر مربع، مساحة البناء فيها 50000 م2 خمسون ألف متر مربع.

تقع شركة زنوبيا محدودة المسئولية في عدرا – المدينة الصناعية ولها فرع في الكسوة –أوتوستراد درعا مفرق دير علي خيارة دنون.

من أهدافها الرئيسية: تلبية حاجات السوق المحلية من المنتجات المتطورة ذات الصفات الجمالية وبأسعار تكون بمتناول الجميع، وتصدير قسم من المنتجات إلى خارج القطر، والارتقاء بالصناعة الوطنية إلى أعلى المستويات، والتقيد بالمواصفات العالية لمنتجاتها.

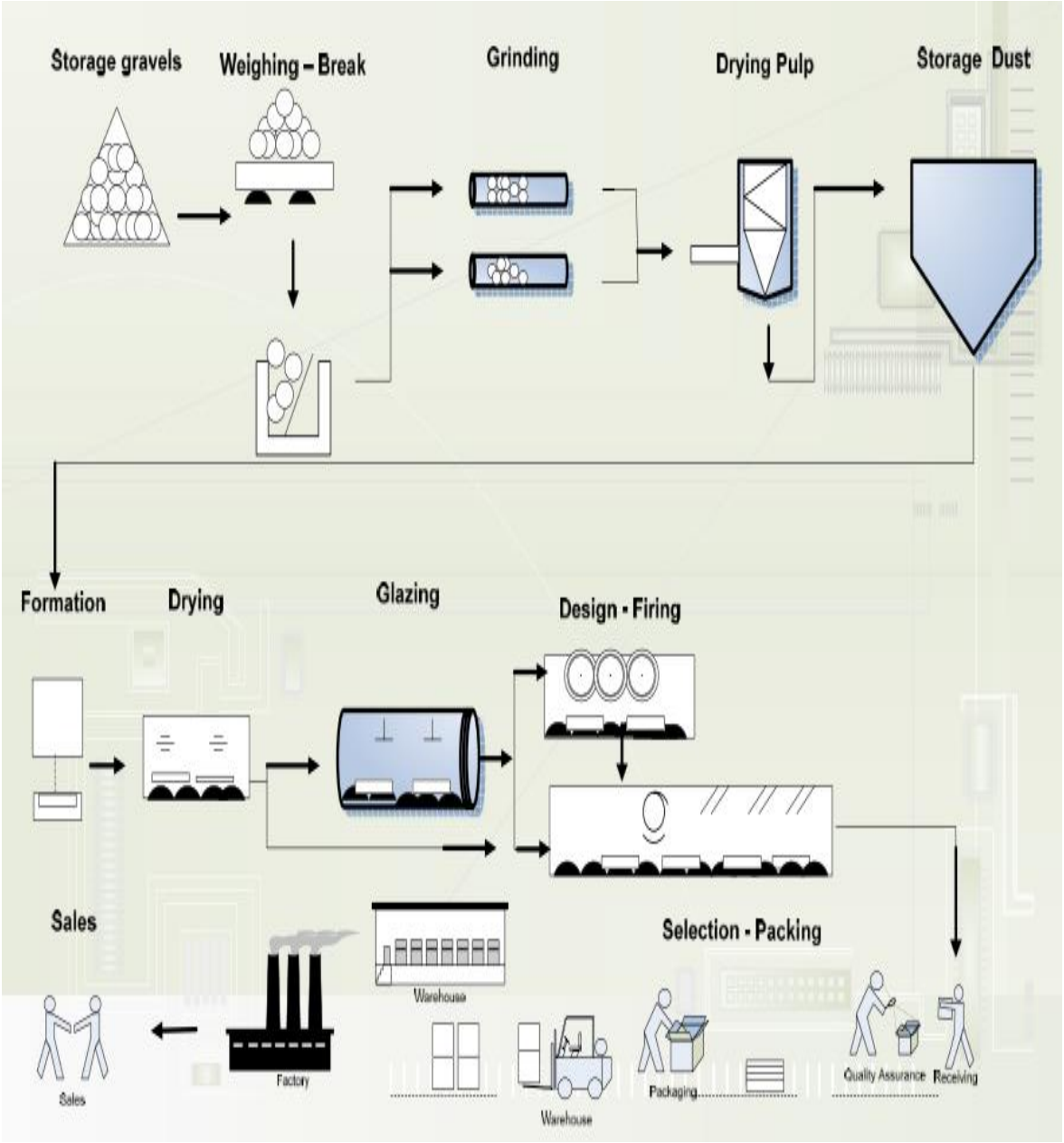
من منتجات شركة زنوبيا محدودة المسؤولية السيراميك بأنواعه (الجدران والأرضيات التي تلبي كافة رغبات وأذواق المستهلكين – أميال الديكور – النعلات – الغرانيت – أطقم الحمامات).

ينتج معمل زنوبيا بلاط السيراميك في 15 مرحلة ويحتوي على 17 خط إنتاج.

تمّ في هذه الدراسة تناول الأنواع الموجودة ضمن المعمل من هذه الخطوط الإنتاجية، ولم يتم ذكر كافة الأنواع لأجزاء الخط الإنتاجي، حيث أنه يوجد أنواع وأشكال متعددة من الأفران والمجففات والمكابس .... الخ.

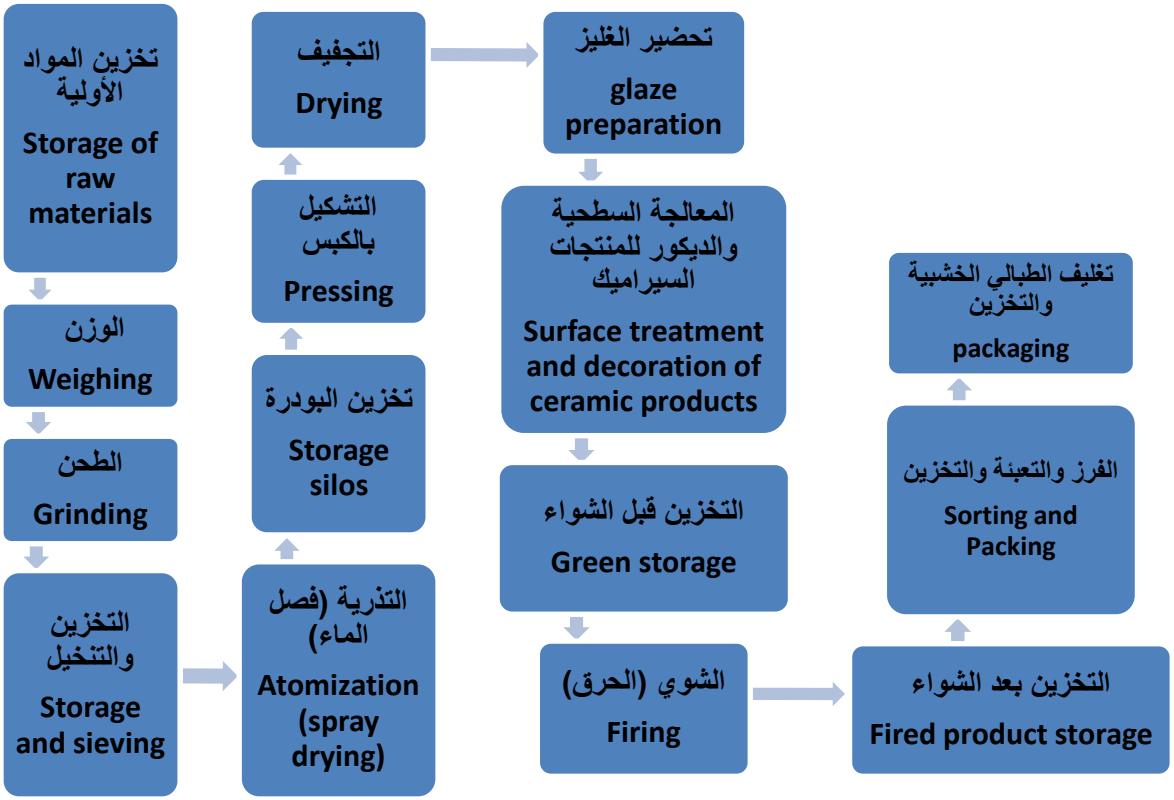
1 – 2 عملية إنتاج بلاط السيراميك:

إن تدفق عملية الإنتاج لبلاط السيراميك (Ceramic Tiles) بشكل عام كما في الشكل (1 – 1):



الشكل (1 – 1) تسلسل عملية صناعة السيراميك

ويوضح المخطط الصندوقي في الشكل (1 – 2)، تسلسل عملية إنتاج بلاط السيراميك في المعمل المدروس ابتداءً من تخزين المواد الأولية وصولاً لتغليف المنصات الخشبية الحاوية على الإنتاج الجاهز كما يلي:



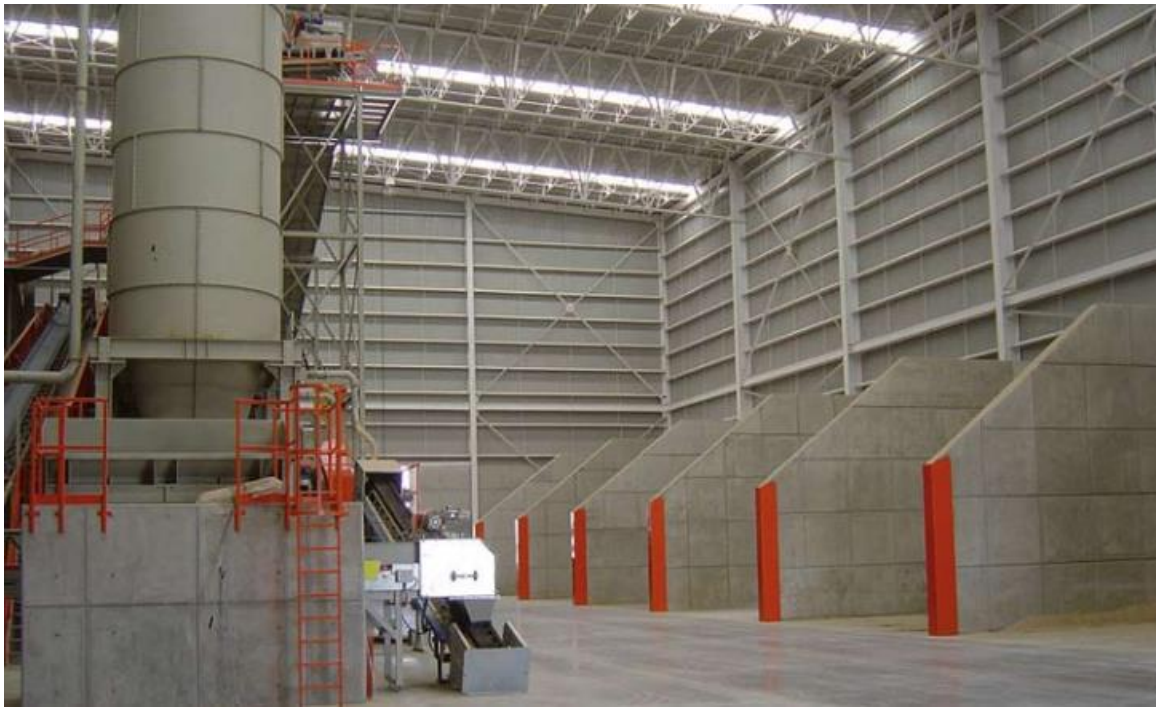
الشكل (1 – 2) مخطط صندوقي يوضح تسلسل عملية صناعة السيراميك

1 – 2 – 1 المرحلة الأولى: تخزين المواد الأولية (تخزين الحصى) (Storage of raw materials)

المواد الخام الأساسية المُستخدمة في صناعة السيراميك هي: الرمل (Sand)، الفلدسبار (Feldspar)، الغضار (Clay)، الكاؤولين (Kaolin)، التلك (Talc) والتراخيت (Basalt) بالإضافة إلى بعض المواد الأخرى التي تستخدم في بعض العمليات مثل: هيدروكسيد الصوديوم (Sodium hydroxide)، سيليكات الصوديوم (Sodium silicate)، كربونات الكالسيوم (Calcium carbonate)، مواد ملونة ومزلقات (Gliding materials) وتستخدم المواد المكونة للطبقة الزجاجية (الجليز Glaze) لتغطية أسطح المنتجات، ويتم تحضير المادة الزجاجية (الجليز) باستخدام الفلدسبار، هيدروكسيد الصوديوم، الدولوميت (Dolomite)، مواد رابطة (Binder) والماء.[1]

وتخزن المواد الأساسية الداخلة في تركيبة جسم السيراميك: الرمل، الفلدسبار، الغضار، الكاؤولين، التلك والتراخيت كل مادة على حدة ضمن حجرات بيتونية، كما هو موضح بالشكل (1–3). ليقوم لودر

ميكانيكي (loader truck) مقاد من قبل شخص بنقلها إلى خزانات معدنية خاصة بكل مادة، كما هو موضح في الشكل (1–4).[8]

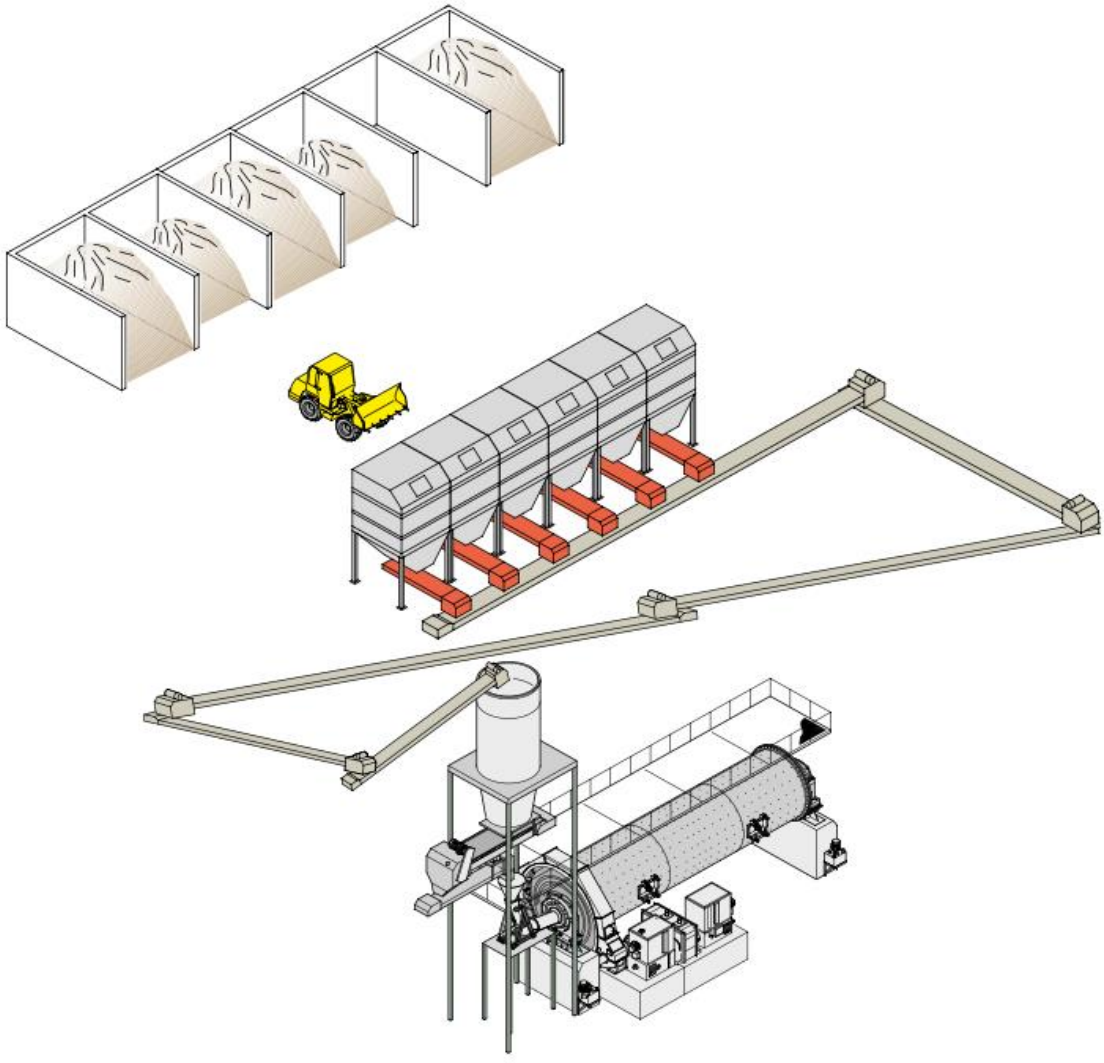


الشكل (1 – 3) الحجرات البيتونية التي يتم تخزين المواد الأولية ضمنها

الشكل (1 – 4) الخزانات المعدنية التي تنقل إليها المواد الأولية

1 – 2 – 2 المرحلة الثانية: الوزن (Weighing)

اعتماداً على كمية بلاط السيراميك المراد إنتاجه، ووفق طلب قسم تخطيط الإنتاج يتم وضع المواد الأولية ضمن خزانات معدنية كل خزان مخصص لمادة معينة من المواد الأولية، كما هو موضح بالشكل (1-5). ويمكن أن يوجد عدة خزانات لنفس المادة حسب نسبتها ضمن الخلطة الإنتاجية وعلى مخارج هذه الخزانات المعدنية يوجد سيور ناقة (Conveyor belt) تحتوي على خلايا وزن (Load cell)، وتقوم هذه السيور بإنزال أوزان محددة من المادة وفق الكمية المحددة على لوحة التحكم الرئيسية بالقسم، وتنقل هذه السيور المواد الأولية إلى سير رئيسي، والذي بدوره ينقل المواد إلى خزان تجميع يوجد على مدخل المطاحن المستمرة.[9]



الشكل (1 – 5) قسم الوزن وتوضع الخزانات والسيور الحاملة لخلايا الوزن وسيور النقل

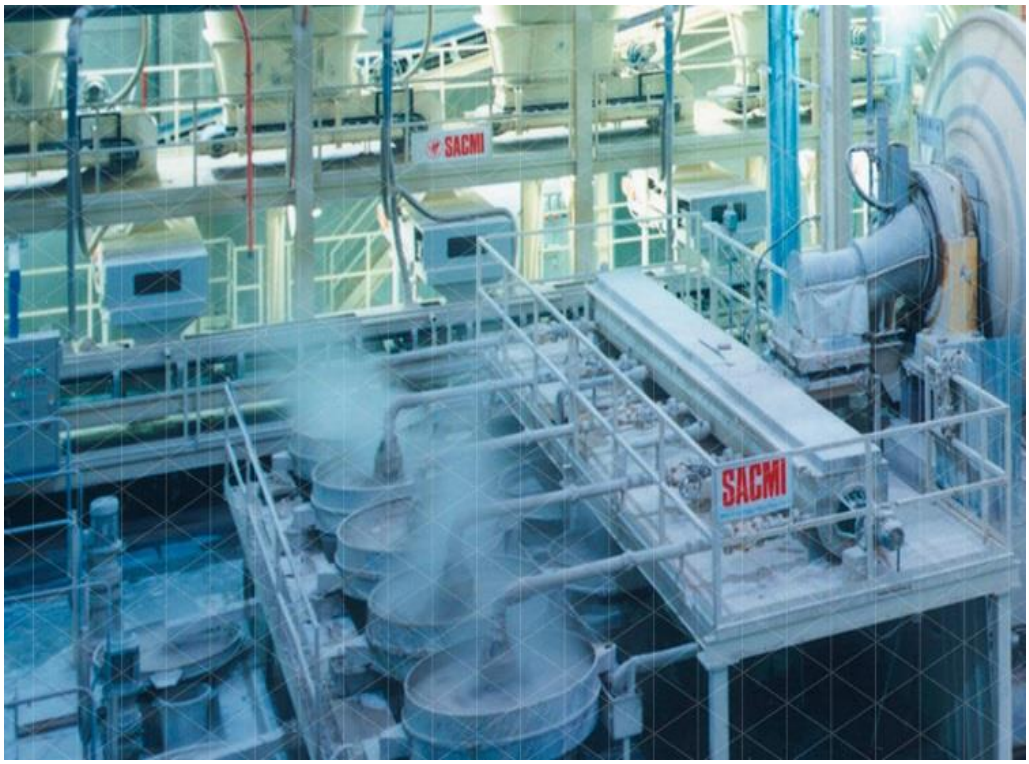
1 – 2 – 3 المرحلة الثالثة: الطحن (grinding)

بعد وصول المواد الأولية إلى خزان التجميع عن طريق السيور الناقلة، يتم ضخ هذه المواد عن طريق ملقم حلزوني إلى مدخل المطحنة المستمرة، ويضاف إلى هذه المواد كمية من الماء وسيليكات الصوديوم (Sodium silicate)، مقاسة بواسطة عدادات تدفق ليتم طحنها ضمن حجرات المطحنة المستمرة المؤلفة من ثلاثة مراحل، كما هو موضح بالشكل (1–6). وتحوي كل مرحلة على كمية معينة من كرات طحن من مادة الألوبيت بأقطار مختلفة حسب مرحلة الطحن، حيث أن كل مرحلة تحتوي على أقطار معينة من هذه الكرات، وتخرج هذه المواد من المطحنة المستمرة على شكل خليط كثيف ولزج ذي رواسب معينة يسمى هذا الخليط بالمرو (Slip)، يتم ضخه إلى آبار أرضية بواسطة مضخات غشائية (Diaphragm pumps).[10],[2]

الشكل (1 – 6) شكل عام للمطاحن المستمرة

1 – 2 – 4 المرحلة الرابعة: التخزين والتنخيل (Storage and sieving)

بعد خروج خليط المرو من مخرج المطحنة المستمرة يتم ضخه بواسطة مضخات غشائية عبر أنابيب معدنية إلى مجموعة من المناخل الرجاجة (الاهتزازية) (Vibrating sieves)، الموضحة في الشكل (1–7). حيث يتم إزالة الأوساخ من هذا الخليط وتصريف الخليط إلى أبار أرضية أو خزانات هوائية، كما هو مبين بالشكل (1–8). وتستمر عملية تحريك هذا الخليط ضمن البئر الأرضي أو الخزان الهوائي لحين نقله إلى المذرر (Spray dryers).[9],[3]



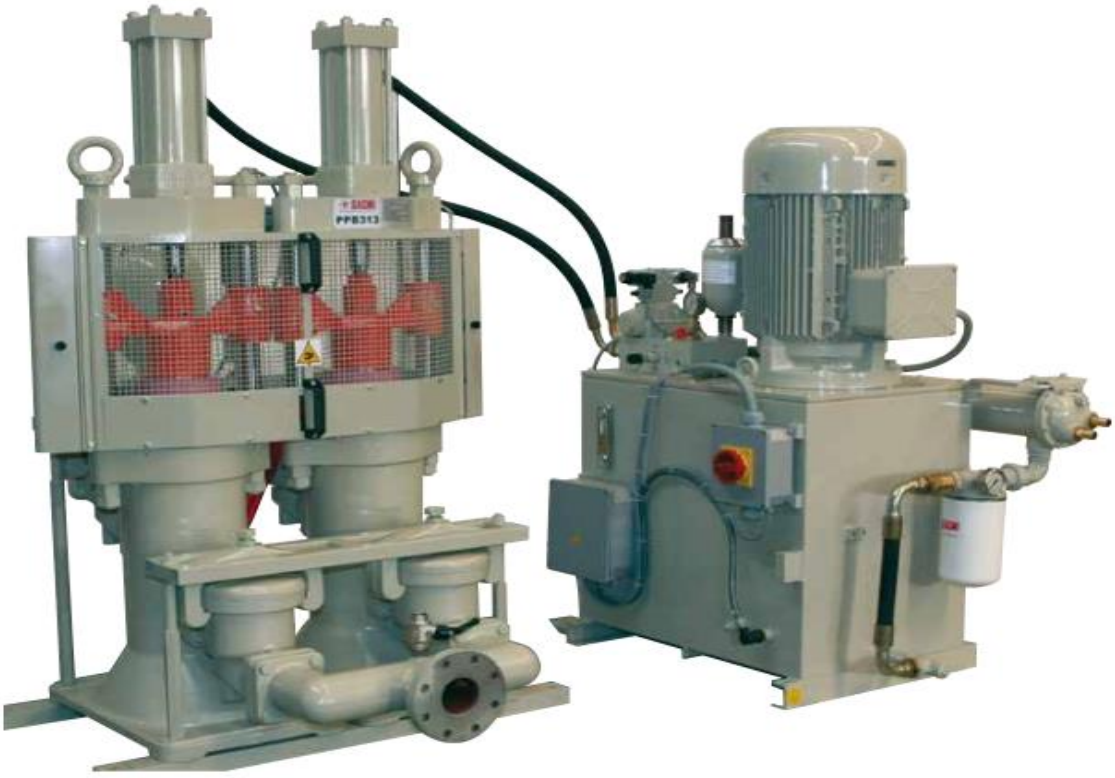
الشكل (1 – 7) مرور مادة المرو على المناخل الرجاجة

الشكل (1 – 8) الخلاطات المركبة للآبار الأرضية

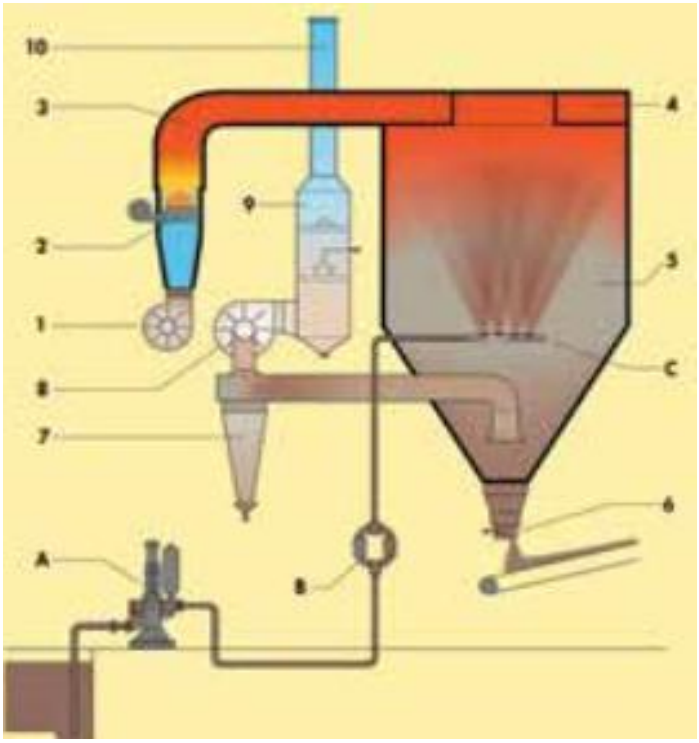
1 – 2 – 5 المرحلة الخامسة: التذرية (فصل الماء) (Spray dryers)

يتم سحب الخليط من الآبار أو الخزانات وتنخيله مرة ثانية، ومن ثم يضخ بواسطة مضخات غشائية إلى خزان تابع للمذرر المبين بالشكل (1–9). ويتم سحب هذا الخليط بواسطة مضخات مكبسية ويتم رش الخليط المائي للمواد الخام الناتجة عن عملية الطحن بالمطحنة المستمرة (محتوى المواد الصلبة من 60 إلى 70٪) تحت ضغط المضخات المكبسية (Piston pump) الموضحة في الشكل (1–10). إلى داخل جسم المذرر في الجزء السفلي من القسم الأسطواني منه، ويوجد تيار من هواء ساخن بتدفق من الجهة العلوية له، ونتيجة ذلك فإن القطرات الدقيقة تلامس تيار الهواء الساخن. فيتم تجفيف القطرات فينتج حبيبات مجوفة كروية متجانسة للغاية (مع نسبة رطوبة تتراوح بين 5.5 إلى 7٪)، كما هو مبين بالشكل (1–11). هذا النوع من المسحوق لديه قابلية عالية للتدفق، مما يسهل عملية ملء دقيق لمكابس الضغط والضغط اللاحق للبلاطات المفردة الكبيرة جداً. اليوم، هناك بعض الشركات المتخصصة التي تقوم بإعداد هذا المسحوق المجفف بالرش، وتقوم بتوفير المواد الجاهزة مباشرةً إلى مصانع صناعة السيراميك حيث تتم المعالجة الإضافية.[2], [11]

الشكل (1 – 9) المذرر



الشكل (1 – 10) المضخة المكبسية



الشكل (1 – 11) آلية عمل المذرر

1 – 2 – 6 المرحلة السادسة: تخزين البودرة (Powder storage)

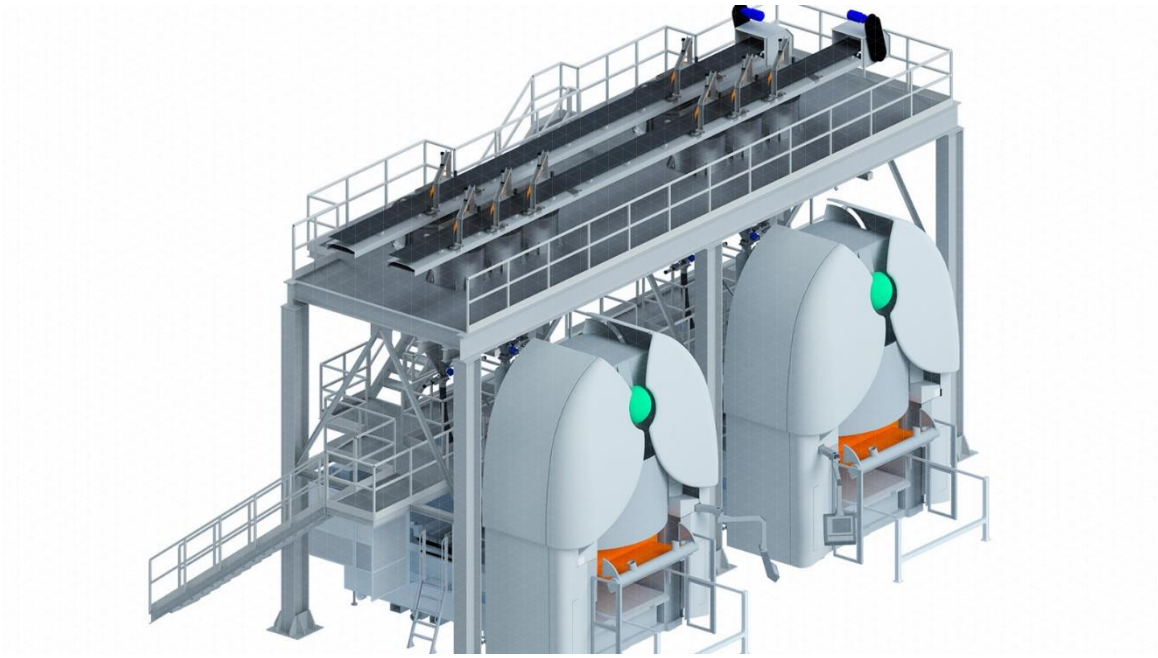
تتساقط حبيبات البودرة من جسم المذرر إلى سيور ناقلة أو نواقل سطلية، تقوم بنقل هذه البودرة إلى صوامع تخزين(Storage silos) ، كما هو مبين بالشكل (1–12). بحيث يتم تخزين هذه البودرة لمدة معينة حتى تتجانس الرطوبة لجميع حبيبات البودرة الموجودة ضمن الصومعة الواحدة، ومن مخرج هذه الصوامع تنتقل البودرة عن طريق سيور ناقلة تقوم بتعبئة خزان تغذية المكابس.[10]

الشكل (1 – 12) صوامع تخزين البودرة

1 – 2 – 7 المرحلة السابعة: التشكيل بالكبس (Forming by pressing)

تخرج البودرة من خزان تغذية المكابس عن طريق آلة تعبئة تدعى بصندوق تعبئة المكبس (filler box)، والتي تقوم بتغذية قالب المكبس بالبودرة. والمكابس الهيدروليكية الحديثة الموضحة في الشكل (1–13). توفر قوة كبس عالية قد تصل إلى 10000 طن، وتتميز بالإنتاجية العالية ومجال عالي من التحكم

والضبط بواسطة لوحات الكترونية متطورة، ويمكن الضبط التلقائي لهذه المكابس لضمان تناسق الحجم، ويمكن ضبط هذه اللوحات الالكترونية بسهولة لتلبية مجموعة متنوعة من المتطلبات.[12]



الشكل (1 – 13) المكابس

1 – 2 – 8 المرحلة الثامنة: التجفيف (Drying)

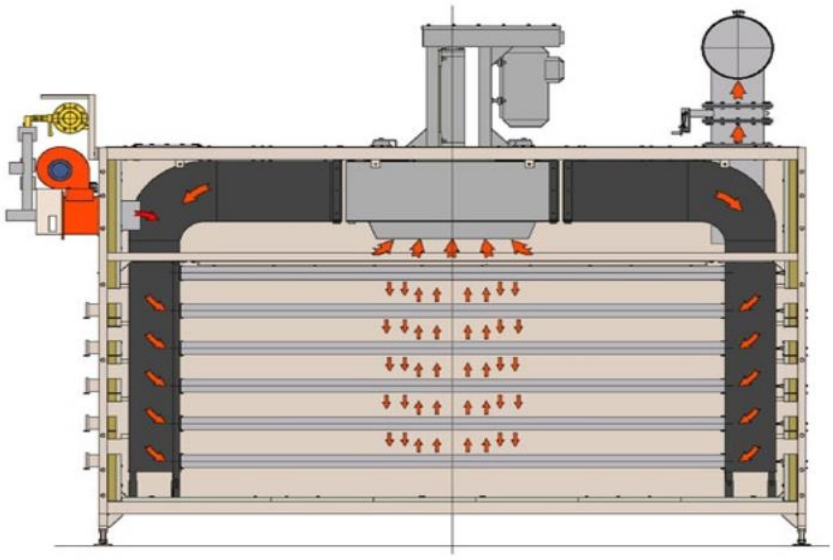
في صناعة السيراميك الحديثة، من الضروري تحسين التجفيف من حيث السرعة والكفاءة الحرارية وانخفاض الهدر. باستثناء عمليات التجفيف البطيئة، من الضروري الحفاظ على التحكم الدقيق في معدلات التسخين ودوران الهواء ودرجة الحرارة والرطوبة. يتم الآن توفير حرارة تجفيف الهواء بشكل أساسي عن طريق محارق الغاز والهواء الساخن الذي يتم استخراجه من منطقة التبريد الخاصة بالفرن. يمكن أيضاً تزويد حرارة تجفيف الهواء بتوليد مشترك أو بوقود آخر مثل الفحم أو الكتلة الحيوية أو الغاز الحيوي أو فحم الكوك.

تستخدم المجففات الأفقية على نطاق واسع من قبل صانعي بلاط السيراميك، وتم تصميم المجففات الأفقية على شكل فرن والتي تكون على شكل هيكل معدني طويل على شكل نفق يحتوي على رولات معدنية يتحرك عليها بلاط السيراميك، كما في الشكل (1–14). ويحتوي على مجموعة من الحراقات على جوانب المجفف، الشكل (1–15). وتوربينات تدوير الهواء وتوربينات طرد. تنتج الشعلات الموجودة

على جوانب المجفف هواء التجفيف الساخن، الذي يتدفق ضمن حيز المجفف ويعمل على تجفيف البلاط كما في الشكل (1–16). وتكون درجة الحرارة القصوى في هذه المجففات أعلى عادة من خيار المجفف الرأسي (العمودي) (حوالي 350 درجة مئوية) ودورات التجفيف أقصر، بين 15 و25 دقيقة. [12]

الشكل (1 – 14) حجرات المجففات والرولات

الشكل (1 – 15) آلية نقل الحركة مع الحراقات



الشكل (1 – 16) آلية عمل المجفف

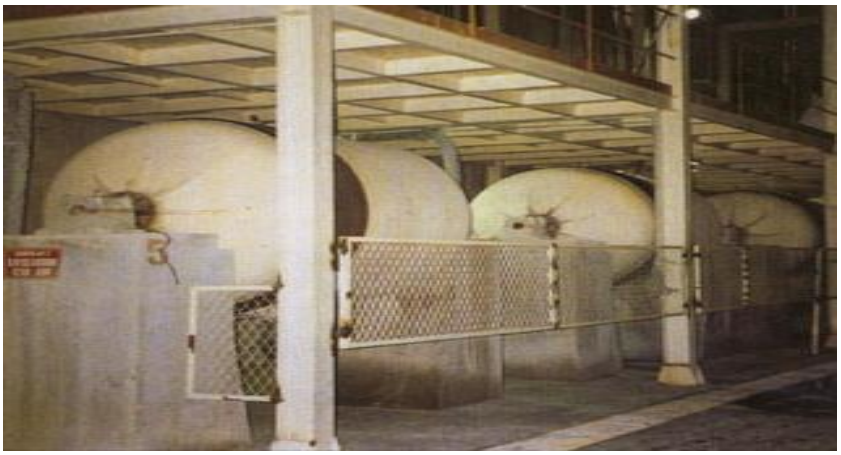
1 – 2 – 9 المرحلة التاسعة: تحضير الجليز (Glaze preparation)

في الزجاج الخزفي لبلاط الجدران والأرضيات، يتم استخدام المواد الخام ذات الطبيعة الزجاجية (فريت) (Frit). الفريت عبارة عن مركبات زجاجية، غير قابلة للذوبان في الماء، محضرة من مواد بلورية مذابة في درجات حرارة عالية (1500 درجة مئوية) تليها تبريد سريع.

بالإضافة إلى الفريت، فإن مكونات الجليز الرئيسية هي: السيليكا (الزجاج السابق) (Silica)، بالإضافة إلى المواد المضافة التي تعمل كمواد رابطة (القلويات (Alkalis)، والتراب القلوي (Alkaline Soil)، والبورون (Boron)، والرصاص (Lead)، إلخ)، ومواد التعتيم (الزركونيوم (Zirconium)، والتيتانيوم (Titanium)، إلخ)، ومواد التلوين (الحديد (Iron) والكروم (Chrome) والكوبالت (Cobalt) والمنغنيز (Manganese)، وما إلى ذلك).[1]

في عملية التحضير للطلاء الزجاجي، عادةً ما يتم طحن المواد في مطاحن متقطعة (ليست مستمرة)، كما في الشكل (1–17). إلى أن يتم الحصول على المزيج المطلوب. يمر الجليز عبر المناخل الرجاجة (الاهتزازية). ثم يتم تعديل درجة التعليق المائي. تعتمد خصائص التعليق على طريقة التطبيق المستخدمة.

يمكن تحضير مجموعة واسعة من خليط الجليز اعتماداً على نوع المنتج ودرجة حرارة إطلاق النار في الفرن والخصائص المطلوبة للمنتج النهائي.[10]



الشكل (1 – 17) مطاحن الجليز الثابتة

1 – 2 – 10 المرحلة العاشرة: المعالجة السطحية والديكور للمنتجات السيراميك (Surface treatment and decoration for ceramic products)

يتألف خط الطلاء (Glazing line) من مجموعة من السيور الناقلة، يتحرك عليها بلاط السيراميك، كما هو موضح بالشكل (1–18). بالإضافة إلى مجموعة من الصناديق (الحجرات) المصنعة من الكروم والتي يمر ضمنها بلاط السيراميك ويتم رشه بمواد التثبيت (fixing materials) والأنغوب (Engobe). [13]

الشكل (1 – 18) أجزاء من خط الطلاء بالجليز

يكون الجليز على شكل معلق مائي. يتم ضبط خصائص اللزوجة والتعليق لتتناسب مع طريقة التطبيق، والتي قد تكون بالرش أو التغطية بالشلال، كما في الشكل (1–19). أو التزجيج الجاف أو التزيين.

الشكل (1 – 19) التغطية بالجليز بواسطة الشلالات

يتم استخدام الأنغوب عادة بعد عملية التجفيف ويساعد في التحام طبقة الجليز ببلاط السيراميك المجفف، حيث تنتشر طبقة خفيفة حبيبية غير شفافة أو ملونة من كتلة خزفية على السطح المرئي أو الكلي عن طريق الغمس أو الصب.[4]

تعد طباعة الشاشة إحدى تقنيات تزيين البلاط، نظرًا لسهولة التطبيق في خطوط الطلاء. تتكون هذه التقنية من طباعة تصميم معين عن طريق واحد أو أكثر من شاشات الطباعة (قماش مشدود مع فتحة شبكة محددة). سطح الشاشة منقوع، ولا يخترق حبر الطباعة سوى فتحات التصاميم التي ستمر عليها ممسحة تجبر الحبر على النفاذ من خلال هذه الفتحات، وبالتالي طباعة التصميم على البلاط.

هناك تقنيات تزيين أخرى هي تقنية الحفر والطباعة بواسطة طابعات الرول (Roller printers)، كما في الشكل (1–20). في هذه التقنيات، يتم نقل النموذج مباشرة على لفة واحدة أو أكثر، ويتم تطبيق الحبر على البلاط من هذه الرولات، وهذه التقنية تتيح الطباعة على حواف البلاط أيضاً.

الشكل (1 – 20) طابعات الرول

وهناك تقنية الطباعة النافثة للحبر (الطابعات الديجيتال) (Digital printers)، الناشئة في الوقت الحاضر، كما في الشكل (1–21). التي تقوم بنفث الحبر على البلاط وفقاً لتصميم موجود لدى الطابعة بشكل صورة الكترونية.[12]

الشكل (1 – 21) طابعات الديجيتال

1 – 2 – 11 المرحلة الحادية عشر: التخزين قبل الشواء (Storage before Grilling)

عند مخارج خطوط الطلاء، يوجد آلات تقوم بتعبئة بلاط السيراميك ضمن عربات على شكل رفوف، كما في الشكل (1–22). ويتم نقل هذه العربات بواسطة سيارة يتم التحكم بها بواسطة نظام ملاحة ليزري، ويتم تخزينها في أحد الأماكن المخصصة ضمن الصالة الإنتاجية. ويوجد آلة مشابهة على مدخل الأفران، حيث تقوم السيارة بنقل العربة إلى هذه الآلة لتقوم بتفريغها إلى الفرن، حيث أنه يجب ألا ينقطع دخول السيراميك إلى الفرن.[12]

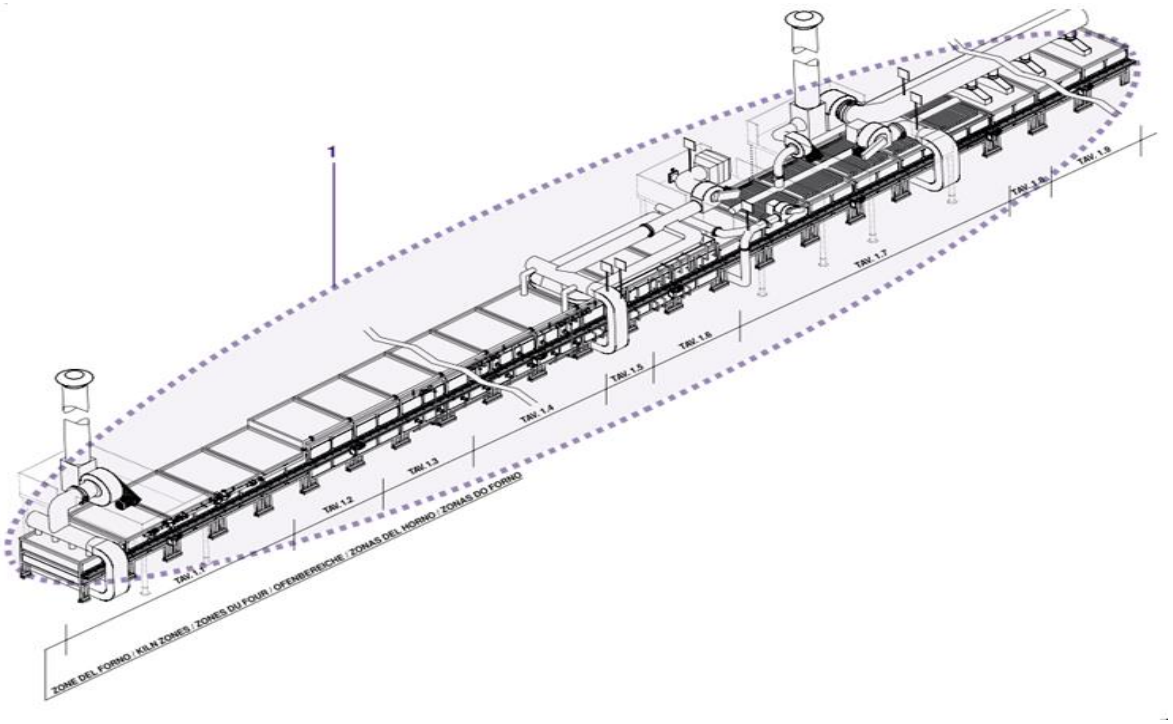
الشكل (1 – 22) عربات تخزين السيراميك قبل الشواء مع السيارة الحاملة لهذه العربة

1 – 2 – 12 المرحلة الثانية عشر: الشوي (الحرق) (Grilling)

تُستخدم أفران الأسطح ذات الطابق الواحد الآن بشكل عالمي تقريبًا لإنتاج بلاط الجدران والأرضيات، وتم تقليل زمن دورة التشغيل (الزمن المستغرق من لحظة دخول البلاطة حتى خروجها من الفرن) إلى أقل من 40 دقيقة. وهذا الفرن مؤلف من عدة حجرات معدنية معزولة بشكل جيد، كما في الشكل (1–23). ومقسم إلى عدة مناطق حرارية، كما هو موضح بالشكل (1–24). والمناطق الحرارية هي كالتالي:

- منطقة مقدمة الفرن (الدخول).
- منطقة التسخين الأولي.
- منطقة التسخين الثاني.
- منطقة الشوي (الحرق).
- منطقة التبريد السريع الأولي.
- منطقة التبريد السريع الثاني.
- منطقة التبريد البطيء.
- منطقة تبريد بطيء بالامتصاص (يمر هواء بارد ضمن بواري دون أن يختلط مع جو الفرن).
- منطقة التبريد النهائي.

الشكل (1 – 23) حجرات الفرن المعدنية



الشكل (1 – 24) توزع المناطق الحرارية في الفرن

ينتقل البلاط فوق رولات مقادة مدفوعة، كما في الشكل (1–25). ويتم تأمين الحرارة المطلوبة بواسطة حراقات الغاز الطبيعي (gas burner) الموجودة على جوانب الفرن، كما في الشكل (1–26). إن آليات نقل الحرارة الرئيسية هي الحمل الحراري والإشعاع.[13]

الشكل (1 – 25) آلية نقل الحركة في الأفران

الشكل (1 – 26) منطقة الشواء في الفرن والحراقات الموجودة

1 – 2 – 13 المرحلة الثالثة عشر: التخزين بعد الشواء (Storage after Grilling)

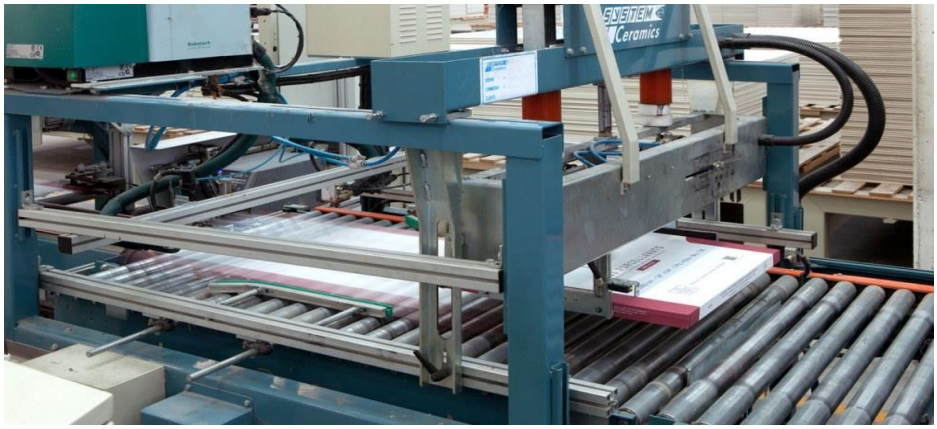
وهي مرحلة مشابهة لمرحلة التخزين قبل الشواء مع اختلاف بنظام عمل الآلة الموجودة، حيث أن هذه الآلات تقوم بتعبئة بلاط السيراميك فوق بعضه البعض على منصة معدنية (طاولة)، كما في الشكل (1–27). ويتم نقل هذه المنصات بواسطة سيارة يتم التحكم بها بواسطة نظام ملاحة ليزري، ويتم تخزينها في أحد الأماكن المخصصة ضمن الصالة الإنتاجية. ويوجد آلة مشابهة على مدخل خط الفرز (Sorting line) حيث تقوم السيارة بنقل العربة إلى هذه الآلة لتقوم بتفريغها إلى خط الفرز.[12]

الشكل (1 – 27) منصات تخزين السيراميك المشوي مع السيارة الحاملة للمنصة

1 – 2 – 14 المرحلة الرابعة عشر: الفرز والتعبئة والتخزين (Sorting, packing and storing)

يتم تمرير بلاط السيراميك على خط الفرز عن طريق سيور ناقلة، ويتم تحديد النخب بشكل أولي من قبل عامل متمرس يعتمد على نماذج معينة لتحديد النخب، ومن ثم يتم تحديد النخب بشكل ألي بواسطة كاميرات ليزرية تتأكد من استوائية البلاطة وأبعادها. ومن ثم تنتقل البلاطة إلى مكنة تقوم بتجميع كل مجموعة من النخب نفسه على حدا، كما في الشكل (1–28). ومن ثم تنتقل كمية معينة من مجموعة النخب الواحد إلى مكنة التغليف التي تقوم بتغليف هذه المجموعة بواسطة الكرتون واللاصق، ومن ثم يتم جمع كل صندوقين أو ثلاثة فوق بعضهم البعض، كما في الشكل (1–29). لتقوم آلة بوضع حزام بلاستيكي (Plastic Strap) يربط هذه الصناديق، ومن ثم يقوم روبوت آلي بحمل الصناديق ووضعها على منصات خشبية خاصة، كما في الشكل (1–30).[11]

الشكل (1 – 28) آلة تجميع النخب



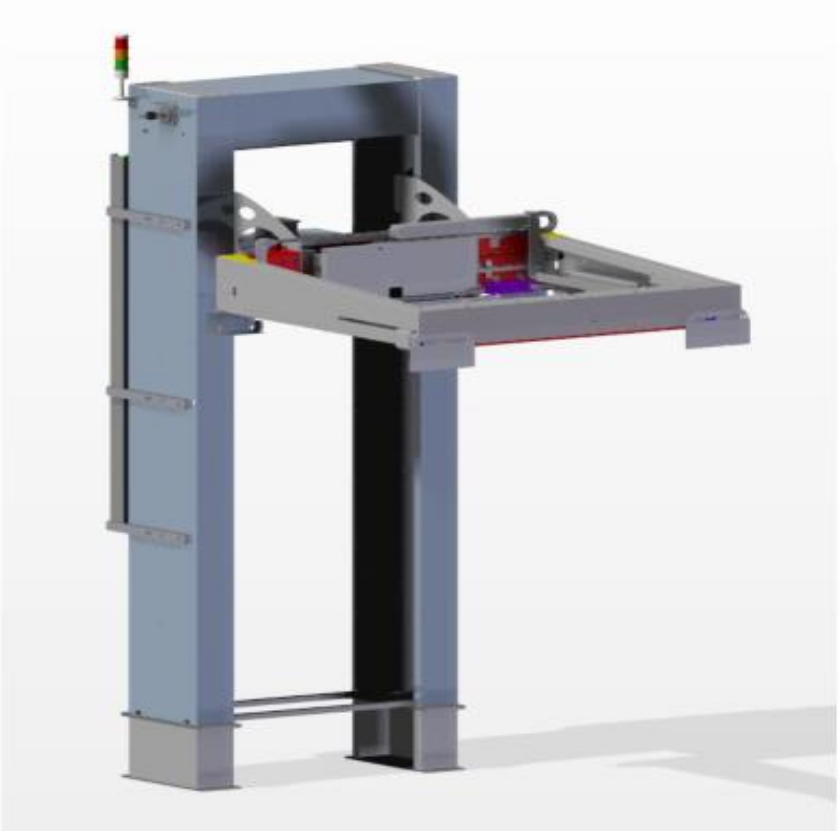
الشكل (1 – 29) الآلة التي تقوم بجمع الصناديق فوق بعضها البعض

الشكل (1 – 30) الروبوت الذي يقوم بإنزال صناديق بلاط السيراميك على المنصات الخشبية

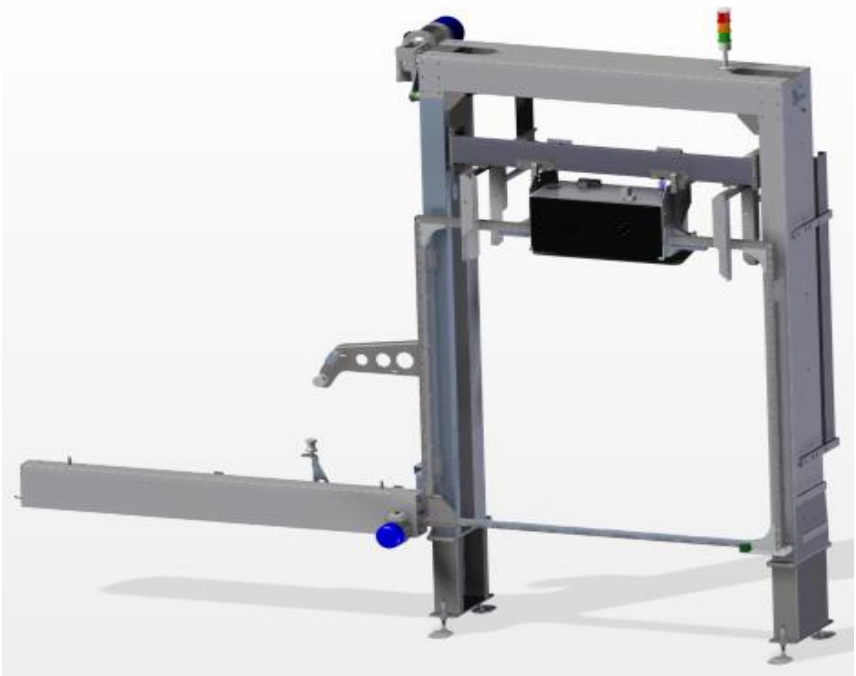
1 – 2 – 15 المرحلة الخامسة عشر: تغليف المنصات الخشبية الممتلئة بالسيراميك (Packaging of wooden pallets filled with ceramic)

بعد تعبئة المنصة الخشبية، تقوم سيارة آلية بنقل هذه المنصة الخشبية إلى خط يقوم بوضع حزام للمنصة الخشبية بشكل أفقي، كما في الشكل (1–32). ومن ثم شاقولي، كما في الشكل (1–33). ومن ثم تغليف المنصة الخشبية كاملة بغطاء نايلون (nylon cover)، كما في الشكل (1–34). ومن ثم تقوم سيارة ليزرية بأخذ المنصة الخشبية الجاهزة وتضعها في مستودع مؤقت ويوضح الشكل (1–31) السيارة الليزرية المستخدمة، ومن ثم تقوم رافعات شوكية (Forklift) مقادة من قبل أشخاص بوضعها ضمن مستودعات.[11]

الشكل (1 – 31) السيارة التي تقوم بنقل المنصات الخشبية



الشكل (1 – 32) آلة تحزيم المنصة الخشبية بحزام أفقي



الشكل (1 – 33) آلة تحزيم المنصة الخشبية بحزام شاقولي

الشكل (1 – 34) الآلة التي تقوم بلف غطاء النايلون على المنصة الخشبية

الفصل الثاني

المشاكل الفنية والعيوب التي قد تحدث في

صناعة السيراميك

2 – 1 المقدمة:

في البداية، لا بد أن نشير إلى أن صناعة السيراميك تعتبر من الصناعات الصعبة، والتي في معظم مشاكلها لا تخضع لقوانين ثابتة، وذلك نظراً لكثرة المتغيرات المحيطة بهذه الصناعة، والتي تقوم أساساً على مواد طبيعية متغيرة، وأيضاً لكثرة تغيير ظروف العمل أثناء التشغيل مما ينتج عن ذلك كثرة احتمالات الأسباب التي تكون سبب في حدوث المشاكل. أي أنه يمكن أن يكون للمشكلة أكثر من سبب. ومن هذه الجزئية يطلق على هذه الصناعة صناعة الـ (MAY BE) أي (ربما يكون)، أي أنه لا يمكن في أي حال من الأحوال على القائم على صناعة السيراميك أن يجزم ويقطع بشكل فوري بسبب لأي مشكلة في ساعة حدوثها، ولكن لابد وأن يتبع عدة خطوات وتجارب حتى يصل إلى سبب المشكلة، وكيفية اكتشاف سبب المشكلة وعلاجها، ومن هذه النقطة يحدد الإنسان ذو الخبرة في هذا المجال والإنسان الذي ليس له خبرة في مجال صناعة السيراميك، وذلك بكيفية تناوله المشكلة وتحليل أسبابها.

2 – 2 المشكلات المحتملة في صناعة السيراميك خلال مراحل الإنتاج:

2 – 2 – 1 مشاكل مرحلة إعداد وتحضير خليط المرو:

أهم المشاكل التي توجد في هذه المرحلة وكيفية التغلب عليها:

1 – عدم تجانس الخامات (Heterogeneity of ores):

هذه مشكلة من أهم المشاكل التي تتعرض لها هذه المرحلة، والمقصود بالخامات هي الخامات الأولية وهي الغضار – الفلدسبار وخلافه، فمن الأسباب الرئيسية لاستقرار العملية الإنتاجية هي عملية تجانس الخامة، بحيث تكون متماثلة. وبما أن هذه الخامات طبيعية ولا يمكن التحكم في تركيبها، فمن المهم جداً أن تكون هناك مرحلة خلط و تجانس للخامة بكمية كبيرة يمكن السحب منها لفترة كبيرة نسبياً، وتكون متماثلة وتحقق هذه العملية في المحجر الخاص بالخامات، فنأخذ على سبيل المثال: الغضار فالغضار تركيبه الكيميائي ($AL2O3+SIO2+2H2O$)، هذا هو التركيب العام للغضاريات، فإذا قلنا أنه طالما أن هذا هو التركيب للغضار ولم يكون هناك غضار أبيض وغضار أحمر وغضار وردي وغضار أبيض يميل إلى اللون الأخضر الهادئ وغضار أصفر، حيث أن هذه الألوان للغضار تنتج من الأكاسيد التي توجد بالغضار مثل: أكسيد الحديديك الذي يكسب الغضار اللون الأحمر والكبريت الذي

يكسب الغضار اللون الأصفر، الخ ..... ونظراً لعدم امكانية فصل هذه الألوان في المحجر (في الطبيعة)، فإنه من المفترض الحصول على كمية كبيرة متجانسة مهما اشتملت هذه الغضاريات من ألوان، حيث أنه بالتجارب العملية تم عمل عينات من جميع ألوان الغضار كلاً على حدة فأعطت نتائج جيدة مع وجود فارق بين الجميع في الانكماش (deflation) وهو أساس عمل الغضار. ولكن بصورة عامة جميع الغضاريات تعمل.[1]

من الضروري للحصول على عملية التجانس، أن يتوفر مكان كبير وواسع لهذا التجانس، ويتم استقبال التوريدات بفرد هذه التوريدات على طبقات أفقية متتالية، ثم يتم السحب منها سحب رأسي. وبهذه الطريقة نضمن أن يكون هناك تجانس في الخامة، ومنها عملية استقرار للعملية الإنتاجية من حيث الأبعاد والمواصفات.[14]

2 – أخطاء الوزن (Weight errors):

أخطاء الوزن تؤدي إلى تغيير نسب الخامات في الخلطة، مما يؤدي إلى إحداث تغيير في خواص المنتج لها.

هذه المشكلة تحدث أحياناً بسبب الاستعمال الغير مسؤول من القائمين على هذه العملية سواءً من سائق الآلية القائم بوضع الخامات على الميزان، وعدم حساسية أو خلل في الميزان. كل هذه العوامل ورادة وللسيطرة عليها يجب عمل الاتي:

1 – إحكام الرقابة على هذه المنطقة من العمل عن طريق Q.C مراقبة الجودة لأهمية هذه المنطقة في العمل.

2 – عمل معايرة دورية للميزان الذي يتم وزن الخامات عليه بعد الخلط للتأكد من عدم وجود حيود في الأوزان سواء زيادة أو نقصان.

3 – عمل تدريب لجميع العاملين في هذا المكان لتوعيتهم بأهمية المكان والأرقام وفاعليتها في المراحل التي تلي هذه العملية.

من المهم أن تتم عملية الوزن بشكل دقيق من أجل الحصول على خلطة صحيحة وبذات المواصفات المرجوة.

3 – مشاكل عملية الطحن (Problems with the grinding process):

لكل مؤسسة إنتاجية مواصفة داخلية لها تحدد وتقنن عملية ضبط مواصفات الطحن فنجد منها كفاءة المطاحن.

وترجع كفاءة المطاحن لارتباطها بعدة عوامل من أهمها:

1 – نسبة حجر الطحن داخل المطحنة.

2 – نسبة الماء المضاف إلى الخلطة.

3 – كفاءة المواد المشتتة (المفككة وهي التروبلي (Troply) والسيليكات).

فيجب التفريق والوقوف على هذه العوامل حتى يتم الحكم على كفاءة المطاحن. وكذلك نسب التدرج لحجر الطحن الموجود داخل المطحنة، حيث أنه من المفترض والطبيعي أن تحوي على 3 أحجام متتالية وهي:

- من 4 حتى 6 سم.
- من 6 حتى 8 سم.
- من 8 حتى 12 سم.

وهناك احتمالية لمجالات أوسع من قياسات حجارة الطحن بحيث تبدأ من 8/3 إنش حتى 2 إنش، مقسمة إلى ثلاث مجموعات. فيجب أن تحتوي المطحنة على هذه المقاسات بالنسب المدروسة والمناسبة لكي تؤدي الغرض منها بكفاءة عالية.[14]

4 – عدم صحة البارامترات المميزة للخامة (المرو) الناتجة من المطاحن وهي اللزوجة – الكثافة – الراسب

اللزوجة (Viscosity): إذا أخذنا عينة ووجد أن اللزوجة لها عالية فنعلم أنه حدث خلل في أحد العمليات الأتية:

1 – أن تكون المادة المشتتة غير فعالة.

2 – أن تكون نسبة الماء غير مضبوطة.

وللتفريق بين الحالتين. يتم قياس الكثافة، فإذا كانت الكثافة طبيعية في المعدل الطبيعي، فتكون المادة المشتتة غير فعالة، والعلاج يكون بالتأكد من جودة المادة المشتتة أو تغيير مصدرها. أما إذا كانت الكثافة عالية، فنتأكد من كمية الماء المضافة للمطحنة، فإذا كانت الكمية أقل من المطلوب يتم زيادتها. ويمكن أن تكون اللزوجة منخفضة عن الحد الطبيعي، ويرجع ذلك إلى الإفراط في اضافة الماء إلى المطحنة، وعلاج ذلك هو عمل خزان ذو سعة محددة وتفريغه في المطحنة. أو عمل مخرج للخزان مزود بعداد تدفق لضبط عملية إضافة الماء إلى المطحنة.

الكثافة (Density): وذلك إما بانخفاض الكثافة أو ارتفاع الكثافة، ونقصد بالانخفاض أو الارتفاع الذي يكون عن الحد المطلوب المعمول به داخل المصنع ولكل مصنع مواصفات داخلية.

إن انخفاض الكثافة هو خلل في عملية الشحن سواء للمادة الصلبة (الخامات) أو الماء، وانخفاض الكثافة يؤدي إلى إهدار وقت وطاقة في عملية تذرية الخامة وتحويلها إلى بودرة، وكذلك يؤدي إلى الحصول على بودرة بمواصفات غير مقبولة من حيث شكل الحبيبة. ولتلافي هذه العوائق كما سبق يجب ضبط العملية بإحكام لضمان الاستقرار للمواصفات. وعليه عدم إهدار الوقت والطاقة والجودة للبودرة.[14]

الراسب (The precipitate): لكل مصنع نظام في عمل الراسب، حيث أن الراسب يعرف بأنه كمية الخامة التي لم يتم طحنها والتي تتبقى على منخل قياس فتحاته هو 65 ميكرون من حجم 100 سم مكعب من المادة بعد الطحن.

وقياس الراسب في عملية الطحن هو مؤشر على كفاءة هذه العملية، ولذلك ما يمكن عمله، إما أن نأخذ عينة ونجد أن الراسب عالي عن الرقم المسموح به، وفي هذه الحالة يتم دوران المطحنة وقت إضافي لتخفيض الراسب. أو أن يكون الراسب منخفض عن الحد الأدنى المطلوب، وفي هذه الحالة يتم تفريغ المطحنة على خزان منفصل وتفريغ مطحنة أخرى بنسبة راسب أعلى من الطبيعي والقيام بعملية الخلط لمحتويات المطحنتين.[14]

2 – 2 – 2 مشاكل مرحلة إعداد وتحضير البودرة (Powder preparation stage problems):

في هذه المرحلة يتم تحويل المرو (المعلق) إلى بودرة بمواصفات معينة في جهاز التذرية (المذرر). ومن أهم مشاكل هذه المرحلة هي الحيود عن المراد تحقيقه من المواصفات المطلوبة لهذه البودرة وهي:

- الشكل العام للحبيبة.
- نسبة رطوبة الحبيبات.
- حجم الحبيبات.
- التدرج الحبيبي (Gradient for granules) للحبيبات.

شكل الحبيبة يجب أن يكون كشكل التفاحة، فإذا حدث خلل وحيود عن هذا الشكل فان البودرة يكون بها خلل، ويرجع هذا الخلل إلى أن تجمع هذا البودرة يؤدي إلى وجود فراغات وانخفاض في الكثافة الظاهرية، مما يؤدي إلى ضعف في خواص البلاطة بعد الكبس ويرجع ذلك إلى:

- عدم انتظام ضخ الخامة داخل المذرر، أو خلل في الفالات أو زيادة المحتوى المائي للمعلق ومن الأسباب يتم العلاج.
- نسبة رطوبة الخامة، حيث يجب أن تكون الرطوبة الموجودة بالخامة من 4 % إلى 6 % أو حسب سياسة المصنع وما يتناسب معه، فإذا حدث حيود يكون ناتج إما من خلل في الحرارة للمذرر أو خلل في ضغط المضخة المكبسية أو تغيير في مواصفات المعلق (تغيير في المواد الأولية من حيث النوعية والنسب وكمية المياه). ويتم الضبط حسب العامل المسبب للمشكلة.

كما أن التدرج الحبيبي يجب أن يكون بنظام معين، حيث أنه من المفترض أن يكون تدرج الحجم الحبيبي للبودرة على ثلاث مراحل.

1- الخشن: هو الجزء من البودرة المحجوز على منخل 425 ميكرون، ويتراوح نسبة هذا المقاس من 45 حتى 55 %.

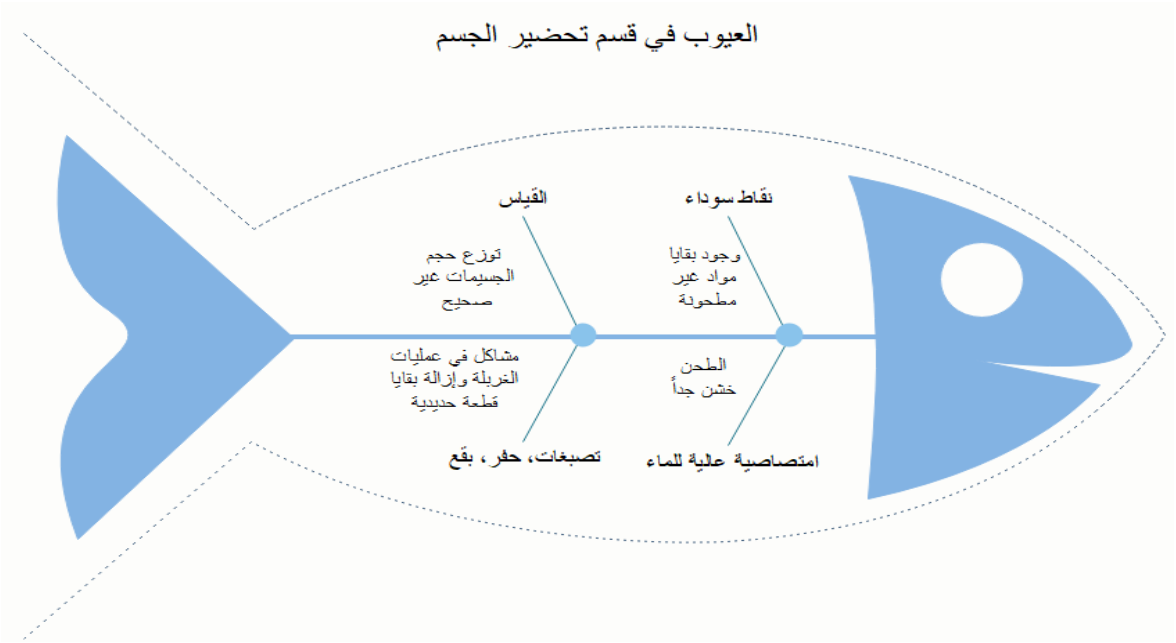
2- الحجم المتوسط: هو الجزء من البودرة المحجوز على منخل 280 ميكرون، وهو يتراوح بين 46 حتى 52 %.

3- الحجم الناعم: هو الجزء من البودرة المارة من المنخل 180 ميكرون من 5 حتى 10 %.

وهذه النسب ليست ثوابت، أي أنه ممكن التعديل لهذه النسب حسب ظروف العمل لكل مصنع أو حسب ما يتطلبه الأمر لإخراج منتج بجودة عالية وبدقة أكثر. أي أنه يمكن الحصول على أفضل تدرج حبيبي بعمل مجموعة من التجارب في عملية الخلط للمقاسات المختلفة من البودرة والخلطة التي تعطي أعلى كثافة ظاهرية للبودرة تكون هي الأفضل. والتي سوف ينتج عنها منتج بجودة عالية أي مواصفات عالية للبلاطة الخضراء بعد الكبس.

إذا تلافينا كل هذه العوائق فإننا سنحصل على ناتج هذه المرحلة بجودة عالية، وهي البودرة لنستطيع تشغيلها بجودة عالية للمراحل التالية.[14]

ويمكن تلخيص العيوب التي تحصل في قسم تحضير المرو وتحضير الجسم كما هو في الشكل (2-1) والذي هو عبارة عن مخطط يسمى بمخطط عظم السمكة أو مخطط السبب والأثر أو مخطط ايشيكاوا، ويبين الشكل المشكلات الوارد حدوثها مع مسببات هذه العيوب.



الشكل (2 – 1) أهم العيوب في قسم تحضير الجسم وأهم المسببات لها

2 – 2 – 3 مشاكل مرحلة التشكيل بالكبس (Problems with the forming phase by pressing):

مرحلة التشكيل: هي المرحلة التي يقصد بها عملية الكبس للبودرة وعمل بلاط أخضر (أي غير مشوي) متماسك وبالمقاسات المطلوبة، أي أنه يتم تحديد مجموعة عوامل قبل عمل القوالب الخاصة بالمكبس، والتي هي معنية بعملية التشكيل.

<u>حساب التمدد والانكماش للخامة المراد تشكيلها</u>

التمدد (Stretching): هو العملية التي تلي عملية الكبس مباشرة، حيث أن المواد اللدنة تتميز بهذه الخاصية ويحدث لها تمدد بعد الكبس، فيتم حساب التمدد لمعرفة مقاس البلاط الأخضر الذي سوف يتم إنتاجه من مقاس القالب والتمدد يتراوح بين 0.7 % حتى 1 % حسب جودة الخامة ونوع الخلطة المستخدمة، أي أنه بزيادة المواد البلاستيكية في الخلطة يزيد معها التمدد بعد الكبس.

أما الانكماش: هو مقدار النقص في الأبعاد كنسبة مئوية بعد الشوي للبلاط الأخضر (Green tile)، من هذه الحسابات يتم عمل القالب بحيث يكون محسوب مسبقاً الأبعاد التي سوف تخرج كمنتج نهائي قبل عمل القالب بعمليات حسابية يدخل فيها معدل التمدد ونسبة الانكماش لكل خلطة سواء كانت جدران أو أرضيات. وإن الانكماش يكون مختلف حسب نوع الخامات الداخلة في الخلطة حيث بالنسبة للجدران يتراوح من 0.9 % حتى 1.2 % وفي الأرضيات يتراوح بين 4.5 % حتى 5 %.[14]

إن عملية التشكيل تتم عن طريق مكابس بضغط هيدروليك يصل إلى 300 بار. هذه المكابس تحتوي على قالب علوي وقالب سفلي يوضع فيه البودرة عن طريق شبكة توزيع وأثناء العودة تقوم بتسوية الخامة في مستوي واحد في كامل القالب السفلي للمكبس، ثم يتم كبس هذه الخامة عن طريق نزول القالب العلوي، ويتم الكبس على مرحلتين مرحلة بضغط قليل، والمرحلة الأخرى بالضغط المطلوب حسب المقاس وعدد فتحات القالب.

بالكبسة الأولى تتم عملية تثبيت الخامة وطرد الهواء الموجود بها، والكبسة الثانية تجعل البلاطة متماسكة وقابلة لتحمل الحركة على السيور. ويجب أن تكون عملية سرعة الكبس مناسبة بحيث تؤدي الغرض منها دون إحداث مشاكل وعيوب في المنتج وهو البلاط الأخضر، وعملية الكبس تقوم بإنتاج بلاط يجب

أن يكون بمواصفات معينة، حيث أن يكون بسمك معين حسب الطلب ويقاس بواسطة القدمة ذات الورنية وكذلك بصلابة معينة تقاس بواسطة جهاز قوة الكسر للبلاط الأخضر فيجب ألا تقل قوة كسر البلاط عن 4 كغ /سم^2.[14]

أهم العيوب الناتجة عن عملية التشكيل وأسبابها الأساسية:

1 – عدم انتظام السماكة على مستوى القالب الواحد:

أي أن سماكة البلاطة الخضراء بعد الكبس غير متماثلة على كامل مساحتها، وهذا يكون إما خلل في عملية ضبط مركز القالب، ولحلها يتم عمل مركزة للقالب من جديد، وهي عملية لا تستغرق وقت مع المتخصصين فنياً في عمل المكابس. ويمكن أن تحدث نفس هذه الظاهرة نتيجة خلل في عملية توزيع الخامة داخل القوالب السفلية، مما يؤدي إلى وجود عدم انتظام في الخامة على مستوى أحد حجرات القالب الواحدة، وهذا الخلل يكون نتيجة لخلل في وزن شبكة التوزيع للخامة.[13]

2 – عدم انتظام السمك على مستوى القالب في المكبس الواحد:

حيث أن المكبس على سبيل المثال: يقوم بتشكيل 4 بلاطات في الضربة الواحدة وتكون سماكة البلاطات الناتجة مختلفة في السماكة. ولهذا الخلل سببين، أولهما خلل وميل في شبكة التوزيع للخامة أو خلل في صناعة القالب العلوي أو السفلي، بحيث تختلف عن بعضها في السماكة أو التجويف الخاص بالخامة. ولعلاج هذه المشكلة يجب معالجة الشبكة بوزنها والتأكد من صحة عملها، أو إذا وجدت بعض القوالب بها خلل يتم تغييرها وإذا كان في الإطار يتم تغييره للتخلص من هذه المشكلة.[13]

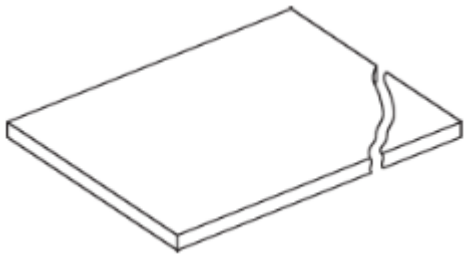
3 – هواء المكبس:

وهي ظاهرة تحدث نتيجة لوجود خلل إما في عمل المكبس أو في مواصفات البودرة التي يتم تشكيلها، إذا كانت متعلقة بالمكبس، فتكون بسبب عدم كفاية الضغطة الأولى لتفريغ الهواء من البودرة أثناء الكبس، ويتم ضبطها بضبط الضغطة الأولى للمكبس سواء زمن أو رفع ضغط، أما إذا كانت من السبب الثاني وهو خلل في مواصفات البودرة، فإما الخلل يكون نعومة الخامة عن الحد المطلوب أي زيادة نسبة الناعم عن الحد المطلوب، أو انخفاض نسبة الرطوبة عن الحد الأدنى المطلوب لنجاح عملية التشكيل.

لعلاج هذه الظاهرة يتم تخليط الخامة بخامة محسنة لتحسين الخاصية الموجودة بها والمسببة لها إن كانت خامة أو خلل في التدرج الحبيبي.[12]

4 – شطف الزوايا (Beveled corners):

أي أن البلاط الأخضر الناتج من هذه العملية يكون مشطوف الزوايا، وذلك لزاوية واحدة أو أكثر للبلاطة أو الزاوية مكسورة، كما في الشكل (2–2). وهذه الظاهرة تحدث من خلل في مواصفات الخامة مؤدية إلى ضعف زوايا البلاطة وحلها تحسين مواصفات الخامة.



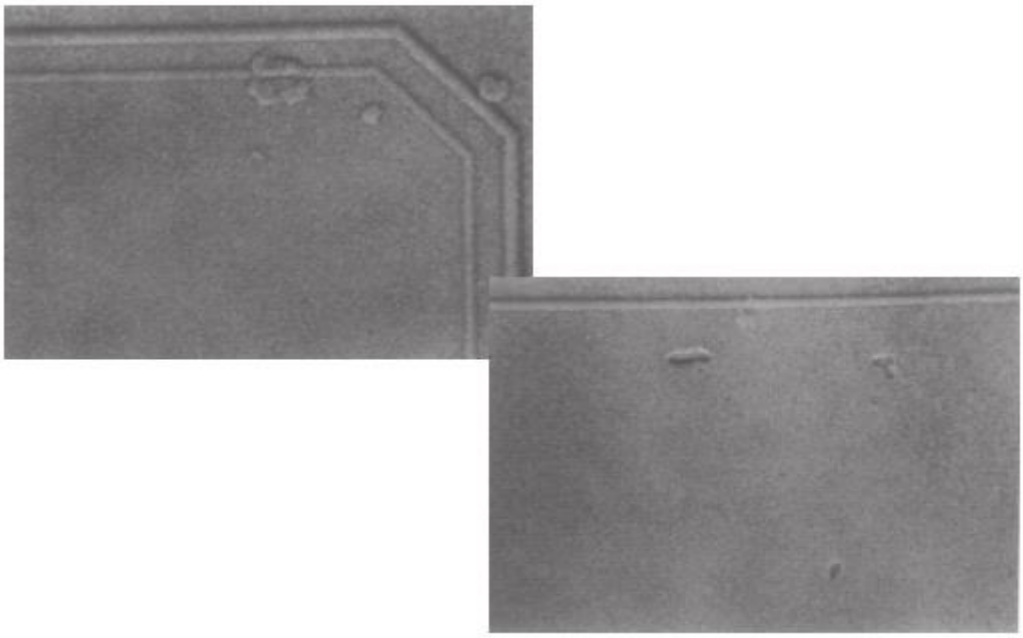
الشكل (2 – 2) كسر الزوايا

5 – عدم نظافة وجه البلاط المنتج من عملية التشكيل:

وهي في صورتين إما بروز (Protrusion) على سطح البلاط أو ندب (scar) على سطح البلاط. كما هو موضح في الشكل (2–3).

الأولى: وهي البروز نتيجة عدم وجود هواء كاف لتنظيف القالب بين كل كبسة والتي تليها.

والثانية: وهي الندب، وتسمى في عرف الصناعة (تآكل على سطح البلاط)، وهذه تكون بسبب إما بزيادة نسبة الرطوبة عن الطبيعي، أو نوعية الخامة تكون غير جيدة، ومن السبب يكون الحل. وعامة يتم إضافة التلك كمادة بلاستيكية معالجة إلى الخلطات لتفادي هذه الظاهرة ومن الممكن أن تخفي بطانة الجليز مثل هذه العيوب إذا كانت صغيرة.[12]

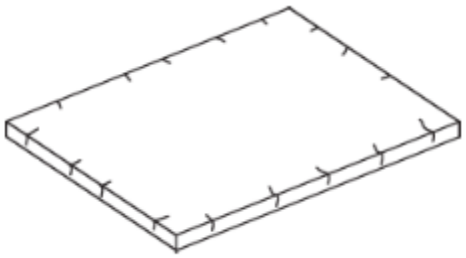


الشكل (2 – 3) عدم نظافة وجه البلاط المنتج

6 – شروخ (Cracks) البلاط الأخضر:

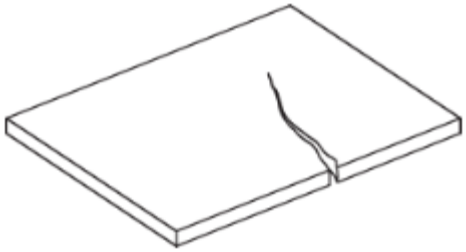
وشروخ البلاط الأخضر لها مصادر عديدة ومتنوعة في المكبس فنذكر منها.

- شروخ صغيرة على جوانب البلاطة، كما هو موضح في الشكل (2–4). وتكون نتيجة لسرعة إخراج البلاط بعد الكبس من القوالب السفلية، مما يؤدي إلى التشقق نتيجة التمدد السريع المفاجئ للبلاطة. ويتم حل هذه المشكلة بتقليل سرعة إخراج البلاط من القوالب السفلية.



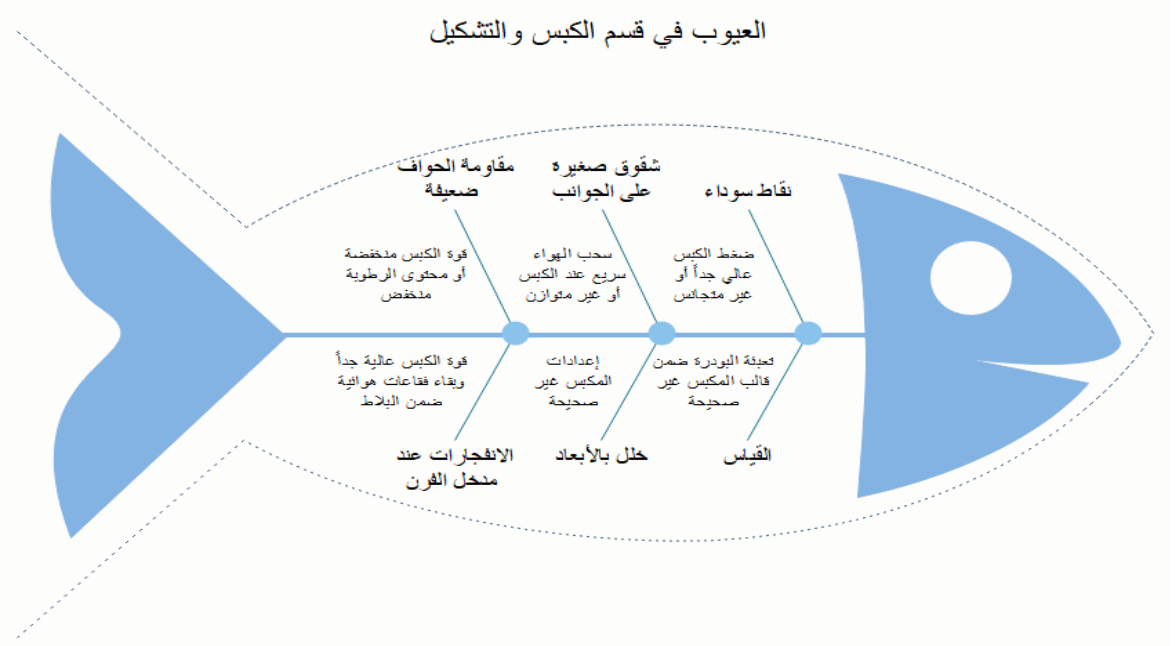
الشكل (2 – 4) شروخ صغيرة على جوانب البلاطة

- شروخ كبيرة، كما في الشكل (2–5). من مكانها وشكلها يمكن تحديد سببها، فمن الممكن أن يكون من قلاب المكبس أو من حركة البلاط على الرولات.[14]



الشكل (2 – 5) شروخ كبيرة في البلاطة

ويمكن تلخيص العيوب التي تحصل في قسم الكبس والتشكيل كما هو في الشكل (2–6).



الشكل (2 – 6) أهم العيوب في قسم الكبس والتشكيل وأهم المسببات لها

2 – 2 – 4 مشاكل مرحلة التجفيف (Drying phase problems):

عملية التجفيف للجسم السيراميكي: هي العملية التي تلي عملية الكبس والتشكيل، هذه العملية تنقسم إلى عاملين مهمين:

أولاً: في السيراميك الذي تستخدم فيه تقنية الشوي لمرة واحدة، تدخل هذه العملية في نزع الماء الحر من الجسم السيراميكي، مما يكسب البلاطة جفاف وصلابة في نفس الوقت، حيث أنه من المفترض ألا تزيد الرطوبة المتبقية بعد عملية التجفيف عن 0.8 % وذلك لكي تكون جاهزة لاستقبال التطبيق عليها

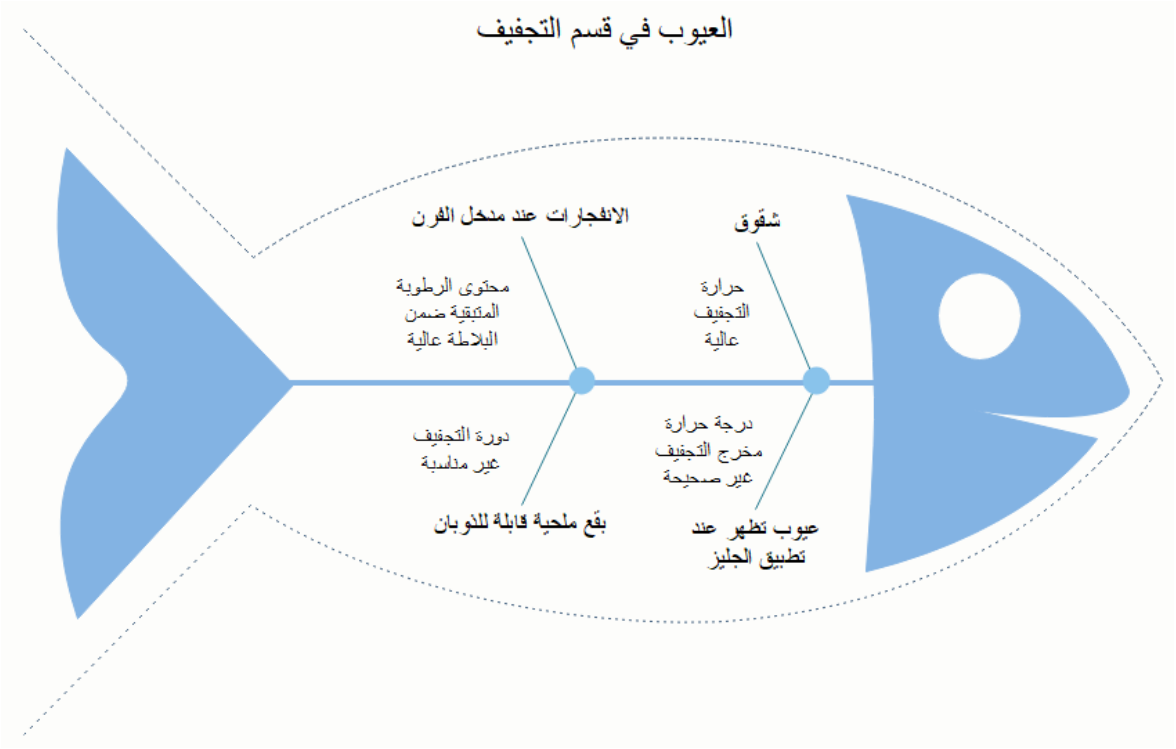
بالمواد المبطنة والمزججة، حيث أن البلاط بعد التجفيف يخرج جاف إلى حد ما ومكتسب درجة حرارة تصل من 70 حتى 90 °م تقريبا مما يساعد على تطبيق البطانة والجليز عليها.[12]

بالنسبة لمواصفات البلاط بعد التجفيف، تذكر المراجع التي تتناول هذه العملية أنه يحدث انكماش بعد هذه العملية، ولكن الواقع العملي والفعلي يثبت أنه لا يحدث أي تغيير في الأبعاد بعد هذه العملية هذا بالنسبة للأبعاد أما درجة الحرارة التي يتم تجفيف البلاطة عندها في هذا المجفف تكون متدرجة من الأدنى إلى الأعلى وذلك لتفادي حدوث شروخ غير مرئية بالجسم السيراميكي نتيجة سرعة تدافع وخروج الماء الحر من جسم البلاطة، وتحدث هذه الظاهرة غالباً في الإطار الخارجي للبلاطة أي على الأضلاع الخارجية للبلاطة وتظهر هذه الشروخ وتكون مرئية بعد إتمام عملية الشواء.[12]

يجب أن يصل معدل الكسر للبلاط الجاف بعد عملية التجفيف إلى قوة تصل من 20 حتى 25 كغ /سم^2 وذلك هام جداً في عملية الحريق الأحادية، حيث أن البلاط في هذه العملية يتعرض لإجهادات حركة وضغط من شاشة الطباعة بما يجعلها تتأثر فيما لو أن هذه العملية لم تكسب البلاطة الصلابة بالقدر الكاف وكذلك الجفاف للبلاطة، مما يجعلها قادرة على سحب الماء الخاص ببطانة الجليز المساعدة على تطبيق الألوان بعدها مباشرة على خط الجليز.[14]

أما في نظام الحرقتين: يتم تشكيل البلاط بالكبس، ومن ثم التجفيف، ومن ثم عملية شوي للحصول على البسكوت. أي بلاطة جسم سيراميكي فخاري مشوي فقط دون وجود أي مواد عليه سواء (بطانة أو جليز أو ألوان)، وبعدها يتم إضافة مواد (بطانة أو جليز أو ألوان)، وبعدها تتم عملية شوي ثانية والغرض من التجفيف هنا، هي إكساب البلاطة صلابة تكون قادرة على الحركة على الرولات في الفرن دون أن يتم ضرر أي شيء منها، وكذلك خروج الماء ببطء لعدم حدوث فرقعة داخل الفرن نتيجة تدافع بخار الماء. وهذه العملية تؤدى أيضاً إلى خروج جميع الماء الحر من البلاطة قبل دخولها الفرن، حيث أن هذا الماء إذا تم دخول البلاطة وبها نسبة من الماء الحر أعلى من 1% يحدث انفجار للجسم السيراميكي داخل الفرن نتيجة تدافع الماء بسرعة إلى خارج الجسم السيراميكي. ويتم إتباع نفس الاسلوب في التجفيف بحيث لا تحدث شروخ داخل البلاطة بعد الحريق كما سبق ذكره.[14]

ويمكن تلخيص العيوب التي تحصل في قسم التجفيف كما هو في الشكل (2-7).



الشكل (2 – 7) أهم العيوب في قسم التجفيف وأهم المسببات لها

2 – 2 – 5 مشاكل مرحلة التغطية بالجليز (Glaze stage problems):

إن المواصفة المعمول بها (المواصفة القياسية السورية رقم 3450/2009 والرقم المرجعي لها ICS:91.100.25) تشترط بالنسبة لمظهر السطح أن يكون 95% كحد أدنى من البلاط خالياً من العيوب الظاهرة التي تضر المظهر على مدى رؤية واسعة للبلاط.[15]

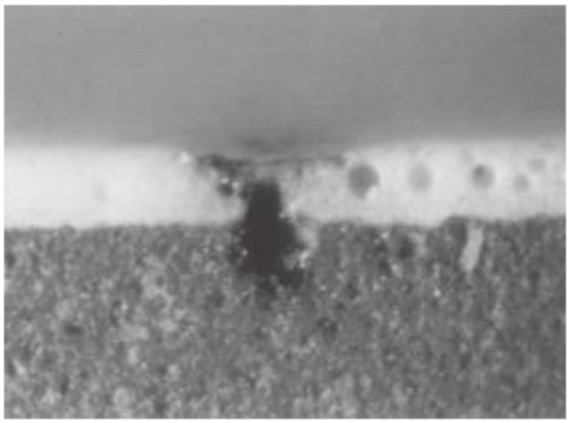
وتشوهات الجليز تكون بصور متعددة نذكر منها:

الثقوب (Holes) – الغليان (boiling) – النمش (freckle) – الرايش (feather) على سطح الجليز – الشروخ (Cracks).

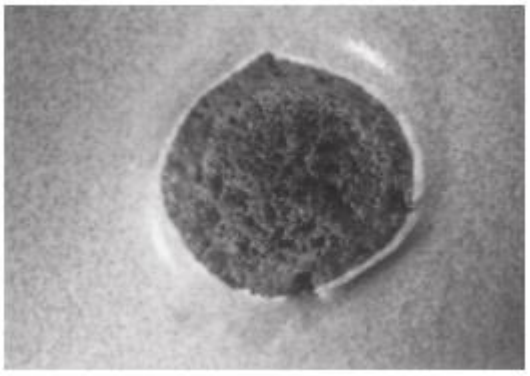
1 – الثقوب (Holes):

وهي ثقوب إما أبرية (Needle)، كما في الشكل (2–8). أو مخروطية (Conical)، كما في الشكل (2–9). وتظهر على سطح الجليز، والثقوب التي نعنيها في هذه المرحلة، هي الثقوب التي تخترق

الجليز والبطانة وتصل إلى الجسم. وهذه الثقوب تكون ناتجة من خروج غازات من جسم البلاطة في مناطق مجمعة، وتخرج هذه الغازات في منطقة الانصهار للجليز محدثة ثقب في طبقات السطح للبلاطة، وتحول البلاطة من نخب أول إلى نخب ثاني أو ثالث حسب عدد الثقوب بالبلاطة.



الشكل (2 – 8) الثقوب الإبرية

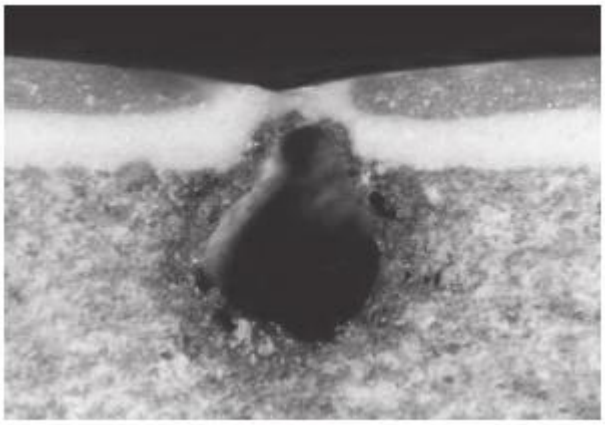


الشكل (2 – 9) ثقوب مخروطية

ولتفادي حدوث هذه المشكلة، يتم زيادة زمن دورة الفرن بحيث تستغرق البلاطة فترة أطول في منطقة التجهيز، للعمل على خروج جميع الغازات قبل منطقة الانصهار، وكذلك زيادة منطقة التجهيز لإنهاء الغازات مبكراً.

والنوع الأخر من الثقوب هو الثقوب المجوفة (Hollow) التي تظهر على شكل نخر بسطح الجليز، كما في الشكل (2–10). وسبب ذلك أن البلاط الأخضر جفف بمقدار زائد عن اللزوم. وعند وضع بطانة

الأنغوب (Engobe)، يقوم البلاط بامتصاص نسبة الماء الموجودة ضمن الأنغوب، وبالتالي تصبح بطانة الأنغوب فقيرة بالماء وحل هذه المشكلة يكون بوضع رشاش رذاذ ماء قبل وضع بطانة الأنغوب.



الشكل (2 – 10) الثقوب المجوفة

2 – الغليان (boiling):

يكون بصورة تشوهات كثيرة للجليز على شكل ندبات كبيرة، كما هو موضح بالشكل (2–11). وتكون لها أسباب عديدة منها:

- سرعة دورة الفرن بحيث تخرج غازات كثيرة في منطقة الانصهار وتشوه الجليز.
- الانضغاط الزائد في كبس البلاط الأخضر مما يعيق خروج الغازات في منطقة التجهيز للبلاطة مما يؤدي إلى خروجها في منطقة الانصهار للجليز.
- ضيق المدى الحراري للجليز، بحيث تصل حرارة الفرن في منطقة الانصهار للجليز إلى الحد الحرج لانصهار الجليز فيجب أن يكون الجليز المستخدم له مدى حراري واسع للبعد عن المناطق الحرجة سواء في عدم الانصهار أو الغليان.
- عدم دقة عملية تحضير خليط الجليز.[14]

الشكل (2 – 11) الندبات الكبيرة على سطح الجليز (الغليان)

3 – النمش (freckle):

هو صورة مصغرة للغليان، كما هو موضح بالشكل (2–12). ويظهر في صورة ندب صغيرة جداً أو كثيفة، وأسبابها مثل السابقة ولكنها تعتبر مؤشر لبداية الغليان.

الشكل (2 – 12) الندبات الصغيرة على سطح الجليز (الغليان المصغر)

4 – الرايش على سطح الجليز (feather):

يحدث هذا في الأفران نتيجة تمدد جسم الفرن في أماكن الوصل، مما يؤدي إلى تساقط الرايش على سطح الجليز ويندمج معه مسبباً ألوان سوداء على سطح الجليز، كما في الشكل (2-13). ولتلافي هذا العيب يجب الاحتفاظ بتوازن الحرارة بين المناطق لتفادي عملية التمدد والانكماش لجسم الفرن أثناء الحريق، وهناك سبب أخر هو عدم دقة تحضير الجليز ووجود مواد ضمنه لا يجب أن تكون موجودة ويحدث هذا الخطأ نتيجة الإهمال في قسم تحضير الجليز.[14]

الشكل (2 – 13) الرايش على سطح الجليز

5 – الشروخ (Cracks):

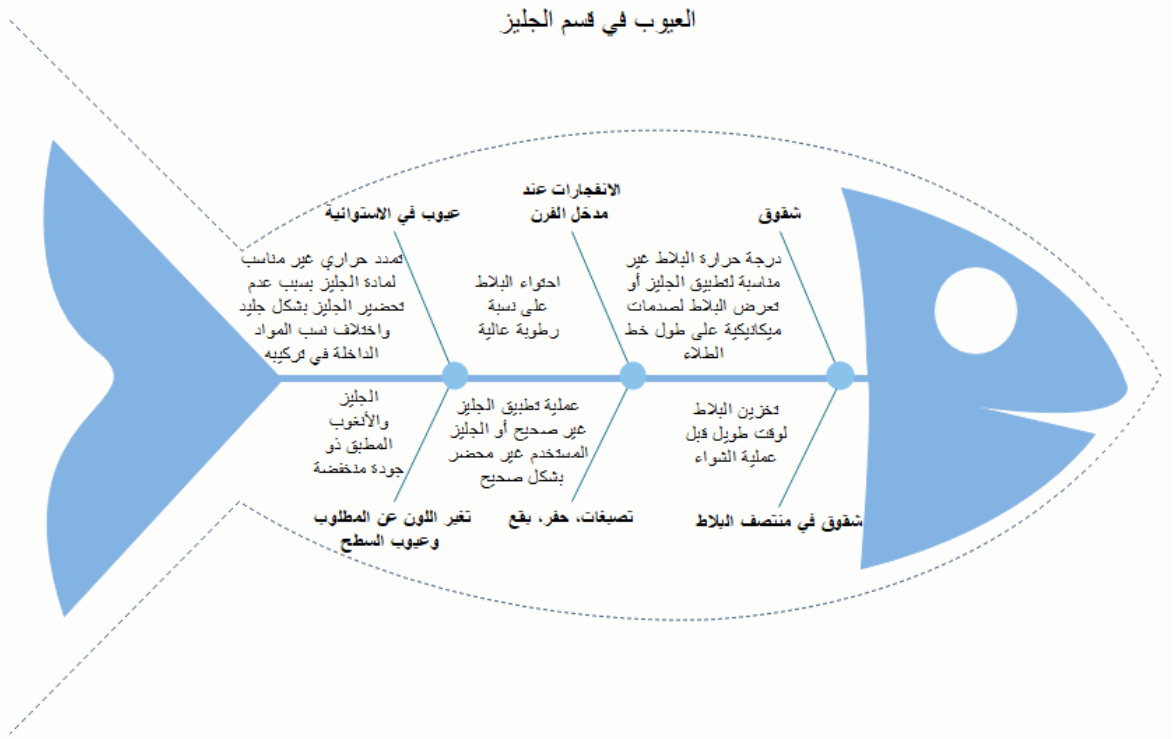
وتنقسم الشروخ إلى أنواع عديدة منها شروخ سببها الفرن، وشروخ أخرى ميكانيكية في مراحل تسبق الفرن، وهذه الشروخ لا يمكن للفرن التصرف معها. وهناك شروخ ناتجة عن عدم دقة عملية تحضير خليط الجليز[14] .

إن معظم المشاكل المتعلقة بالجليز، والتي يكون سببها عملية الكبس أو التجفيف أو الفرن وتم معالجة سبب المشكلة ولم تحل المشكلة فإن السبب الرئيسي للمشكلة يكون بعملية تحضير الجليز أو الأنغوب.

المشاكل الأساسية في قسم الجليز تكون ناتجة من طريقة تحضيره حيث أن معامل السيراميك تعتمد على عملية الخلط البدائي لمكونات الجليز والأنغوب، حيث يتم وزن المواد الأولية عن طريق موازين الكترونية أو عادية ووضعها بمطحنة الجليز وإضافة نسبة معينة من الماء وهذه الطريقة تؤدي إلى كثير من الأخطاء، حيث أنه في معظم الحالات يوجد إهمال من قبل العمال العاملين بهذا القسم كما أن عملية

قراءة الوزن تحتمل الخطأ بنسبة كبيرة. بالإضافة أنه في بعض الحالات يتم وضع مواد غير مطلوب وجودها ضمن الخلطة وذلك بسبب الاعتماد على اليد العاملة بهذا القسم.[14]

ويمكن تلخيص العيوب التي تحصل في قسم تحضير الجليز كما هو في الشكل (2-14)



الشكل (2 – 14) أهم العيوب في قسم تحضير الجليز وأهم المسببات لها

2 – 2 – 6 مشاكل مرحلة الشوي بالفرن (Problems with the kiln Grilling phase):

أهم العيوب التي تنتج من عملية الشوي.

1 – اختلاف الأبعاد سواء على مستوى الصف الواحد أو في أضلاع البلاطة الواحدة:

تحدد المواصفة المعمول بها (المواصفة القياسية السورية رقم 3450/2009 والرقم المرجعي لها ICS:91.100.25) سماحية في فروق الأبعاد سواء لمجموعات من البلاط التي تعبأ في كرتونة واحدة، أو فروق في أبعاد البلاطة الواحدة، وذلك بسبب طبيعة صناعة السيراميك. فيجب ألا يزيد الانحراف في الأبعاد عن الحد الأقصى المسموح به في المواصفات السورية، والتي تتوافق فنياً مع المواصفات الدولية.

وتقول المواصفة بأن انحراف الأبعاد % لمتوسط قياس البلاطة الواحدة (2 أو 4 جهات) عن قياس الصنع كالتالي:

إذا كان الطول أو العرض أصغر أو مساوي لـ 12 سم فإن الانحراف المسموح به هو (−0.75 حتى +0.75) وإذا كان الطول أو العرض أكبر من 12 سم فإن الانحراف السموح به هو (−0.5 حتى +0.5) وإذا كان البلاط ذو نتوء فاصل فإن الانحراف السموح به هو (−0.3 حتى +0.6).[15]

وتقول المواصفة بأن انحراف الأبعاد % لقياس البلاطة الواحدة (2 أو 4 جهات) بالنسبة لمتوسط قياس 10 نماذج اختبار أي (20 أو 40 جهة) كالتالي:

إذا كان الطول أو العرض أصغر أو مساوي لـ 12 سم فإن الانحراف المسموح به هو (−0.5 حتى +0.5) وإذا كان الطول أو العرض أكبر من 12 سم فإن الانحراف السموح به هو (−0.3 حتى +0.3) وإذا كان البلاط ذو نتوء فاصل فإن الانحراف السموح به هو (−0.25 حتى +0.25).[15]

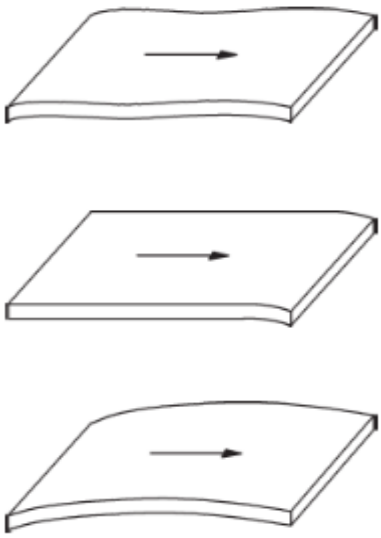
ويرجع اختلاف الأبعاد إلى احتمال وجود عدم تجانس في جو الفرن الداخلي بالنسبة لدرجات الحرارة ويتم ضبط هذه العملية عن طريق ضبط ضغط الفرن، حيث انتظام الضغط داخل الفرن يؤدي إلى تجانس درجة الحرارة داخل الفرن. هذا بالإضافة إلى التأكد من أنه لا يوجد تسريب حراري من جوانب الفرن بصورة تؤثر على الأبعاد المجاورة لجانب الفرن من البلاطة.

2 – اختلاف المقاسات في الصف الواحد للبلاط وخصوصاً في الأرضيات:

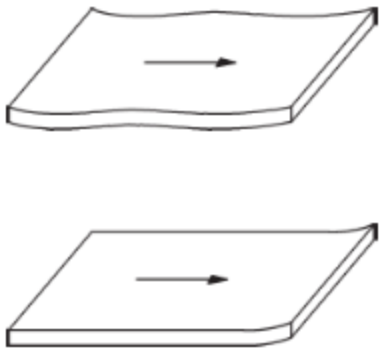
نظرا لارتفاع معدل الانكماش في الأرضيات، حيث يكون ما بين 4.5% الى 5% فإذا لم يكن الفرن يعمل بشكل منتظم من حيث الضغوط التي تؤدى بدورها إلى توزيع متجانس للحرارة داخل مساحة الفرن العرضية، تحدث مشكلة اختلاف في الأبعاد ما بين البلاط. ولتلافي هذه المشكلة يجب التأكد من أن الضغوط داخل الفرن منظمة ومتساوية على الجوانب وفي وسط الفرن. وكذلك يجب التأكد من أنه لا يوجد تسريب حراري من جوانب الفرن، حيث تؤدى هذه الظاهرة إلى انخفاض الحرارة على أجناب الفرن، وبالتالي كبر الأبعاد على الجوانب بالمقارنة بالمنتصف.

3 – التقوس (Curvature): وهو عدم خروج البلاطة مستقيمة الأضلاع.

والتقوس له صورتان تقوس لأسفل، كما في الشكل (2–15). وتقوس لأعلى، كما في الشكل (2–16). وهذه الظاهرة تحدث من اختلاف في درجات الحريق عن المعدل الطبيعي بين الحرارة فوق الرول وتحت الرول ضمن الفرن.[14]



الشكل (2 – 15) تقوس البلاط للأسفل

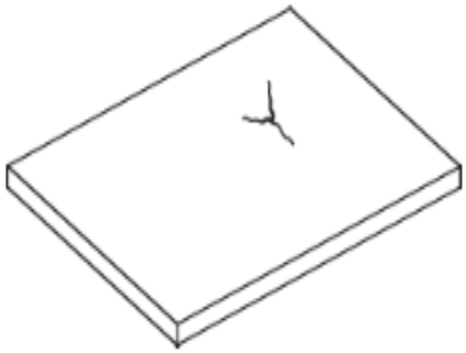


الشكل (2 – 16) تقوس البلاط للأعلى

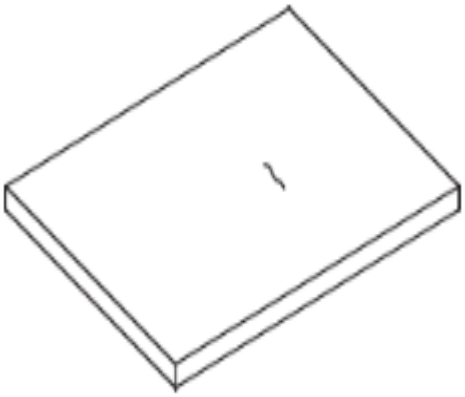
4 – الشروخ (Cracks):

الشروخ التي تنتج من الفرن هي نوعان:

- شرخ كبير واضح: ويكون في جسم البلاطة وطبقة الجليز معاً. هذا الشرخ نتيجة لعدم استقرار بلورات السيليكا في المنطقة التي تلي الحريق وحلها هي التعامل مع منطقة التبريد السريع وضبطها لتثبيت تحويل بلورة السيليكا من ألفا إلى بيتا والعكس. وقد يحدث هذا الشرخ أيضاً نتيجة صدمة البلاطة بهواء مباشر في الفرن بعد مرحلة الحريق.
- شروخ شعرية: ويحدث هذا الشرخ في طبقة الجليز فقط. ويمكن أن يتم رؤيته بالعين المجردة من المتخصصين، أو عن طريق طلاء البلاط بلون غامق يمكن مسحه، حيث يتم مسحه ورؤية البلاط، وهذا ينتج بنتيجة صدمة في منطقة التبريد العادي أو عدم دقة تحضير خليط الجليز. [14]

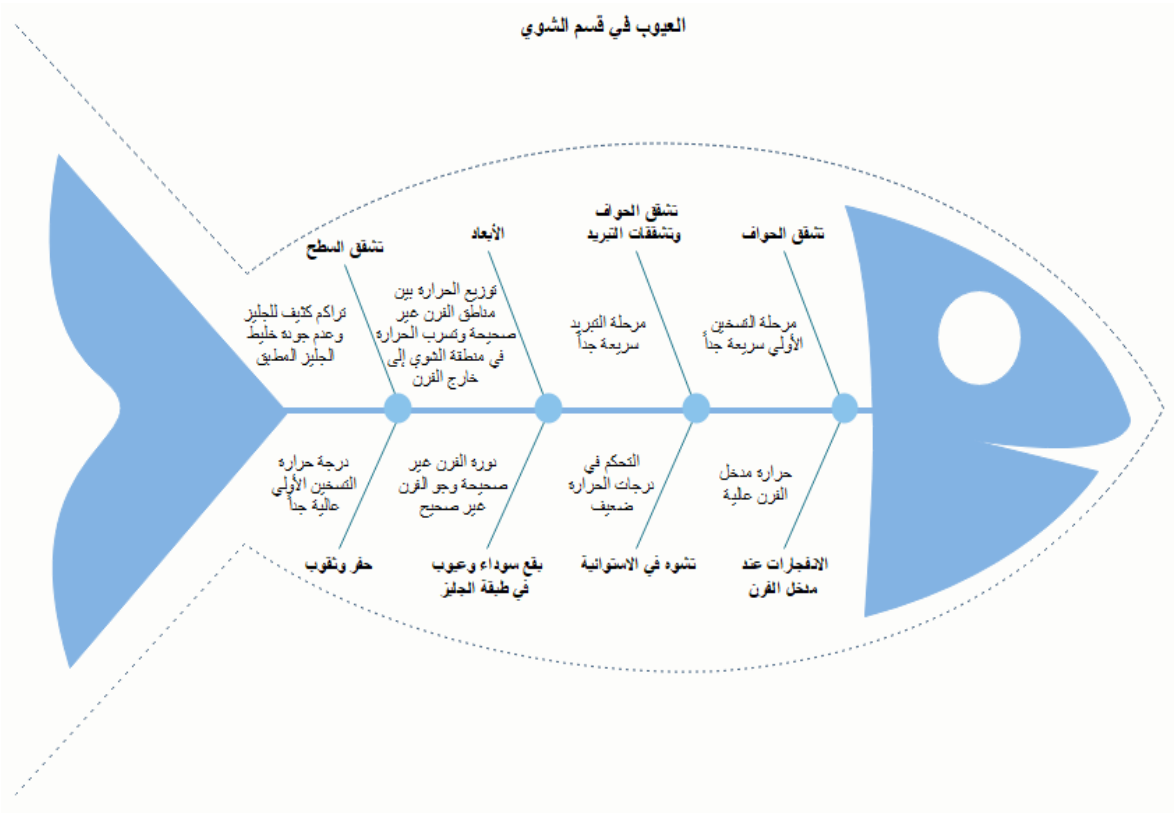


الشكل (2 – 17) شرخ كبير في الجسم وطبقة الجليز معاً



الشكل (2 – 18) شرخ صغير في طبقة الجليز فقط

ويمكن تلخيص العيوب التي تحصل في قسم الشوي، كما هو في الشكل (2–19).



الشكل (2 – 19) أهم العيوب في قسم الشوي وأهم المسببات لها

2 – 3 المشكلات المحتملة في صناعة السيراميك والتي تظهر في المنتج النهائي:

المشاكل الرئيسية التي تظهر في منتج السيراميك النهائي هي:

2 – 3 – 1 مشكلة اختلاف درجات الألوان (The problem of color difference):

تعتبر مشكلة اختلاف درجات الألوان من المشاكل الأساسية في جميع مصانع السيراميك. والتي تكون عند خروج المنتج النهائي جانب فاتح وجانب غامق من الفرن أو خروج المنتج النهائي به اختلاف ألوان بصورة عشوائية وغير منتظمة من الفرن، أو خروج دفعات من الإنتاج مخالفة في درجة اللون (فاتح أو غامق عن الإنتاج الأصلي).

الاحتمالات الرئيسية والأسباب الرئيسية لحدوث اختلاف درجات الألوان:

في حالة خروج المنتج النهائي من الفرن به فروق في الألوان جانب فاتح وآخر غامق من الفرن، إن هذا دليل على وجود فروق في درجات الحرارة على مستوى الفرن، أي أن هناك خلل في التوزيع الحراري

داخل الفرن، مما أدى إلى ارتفاع الحرارة بجانب بالمقارنة بالجانب الأخر. مما يؤثر على درجة اللون سواء كانت لأرضية البلاطة أو على مستوى الألوان الموجودة على الجليز.

بالنسبة لخروج الإنتاج بصورة عشوائية وغير منتظمة من الفرن، من المحتمل أن يكون ذلك نتيجة اختلاف في درجة لون البسكوت الذي تم دخوله على خط الجليز (بسكوت فاتح في درجة اللون وأخر غامق مما يؤدي إلى تأثير على درجة لون المنتج النهائي، وخاصة من ناحية أرضية البلاطة، وهذا يمكن أن يتم إرجاعه إلى اختلاف في السمك على البسكوت أو اختلاف في الضغط على المكبس، وخاصة إذا كان هناك مكبسين يعملان على مقاس واحد، مما يؤدي إلى وجود تفاوت في درجة لون البسكوت الخارج من الفرن، ويمكن التأكد من صحة هذا الافتراض بأن يتم مراجعة درجة لون البسكوت قبل دخوله على خط الجليز (في حاله الحريق المزدوج)، وذلك بأخذ عينات غامقة في درجة اللون وأخرى فاتحه ودخولهم على خط الإنتاج وحرقهم في مكان واحد في الفرن وملاحظة الفرق.[11]

بالنسبة للاحتمال الثالث: وهو خروج دفعات من الإنتاج مخالفة، إما غامقة في اللون أو فاتحة، فهذا يمكن أن يكون بسبب عدم ثبات اللون على شاشة الطباعة، خاصة من ناحية كثافة اللون ارتفاع أو انخفاض الكثافة نتيجة تغيير اللون على شاشة الطباعة. بالإضافة إلى كثرة وضع زيت على شاشة الطباعة أثناء العمل، مما يؤدي إلى اختلاف لزوجة اللون مما يؤثر سلباً على درجة اللون، بالإضافة إلى مشكلة تنتج عن الشاشة ذاتها مثلاً اهتراء طبقة الجيلاتين الموجودة على الشاشة، ومن أسباب ذلك عدم تنظيف الشاشة المراد الطباعة عليها قبل إسقاط الفيلم عليها وبسبب تغيير نوعيات الجيلاتين المستخدمة في تصنيع الشاشة وعدم مراعاة شروط تخزين الجيلاتين.[11]

2 – 3 – 2 مشكلة الدبابيس (الثقوب الإبرية) (Needle holes):

يمكن أن يكون شكل ظهور الدبابيس بأحد الأشكال الآتي ذكره:

أ – ظهور دبابيس على مستوى سطح البلاطة كلها.

ب– ظهور دبابيس على جانب ثابت من البلاطة.

ج– ظهور دبابيس بصورة عشوائية وغير منتظمة.

بالنسبة لأسباب هذه المشكلة يمكن أن تكون أحد الاحتمالات الأتية:

بالنسبة لظهور الدبابيس على مستوي سطح البلاطة كلها يمكن أن يكون بسبب زيادة دش المياه الموجود قبل البطانة أو العكس، وفي هذه الحالة يتم مراجعة دش المياه وضبطه. أما في حالة وجود دبابيس بجانب ثابت من البلاطة، يمكن أن يكون سبب ذلك وجود خلل في دش المياه قبل البطانة مما يؤدي الي زيادة المياه في جانب البلاطة على حساب الجانب الاخر، ويمكن التأكد من ذلك بإجراء تجربة، وهي عكس وضع البلاط قبل دش المياه وذلك بدوران البلاطة زاوية 180 درجة وملاحظة ما إذا كان ظهور الدبابيس بنفس الاتجاه أم لا. فإذا ظهرت الدبابيس في نفس الاتجاه لدش لمياه، فإن المشكلة تكون بسبب عدم ضبط دش المياه أما إذا كانت الدبابيس في نفس اتجاه البلاطة فإن المشكلة تكون بسبب وجود مشكلة في البلاطة قد تكون عدم استكمال جفاف للبلاطة داخل المجفف الموجود بعد المكبس أو قد تكون بسبب اختلاف الضغط على المكبس، فيظهر ذلك من خلال مراجعة سمك البلاطة.

أيضاً يمكن أن يكون ظهور الدبابيس في صورة دبابيس إبرية تصل إلى جسم البلاطة، وذلك بعد مراجعة شكل الدبابيس بالعدسة المكبرة تظهر الدبابيس على هيئة مخروط واصل إلى جسم البلاطة، وتكون سبب هذه الدبابيس هو تأخر خروج الغازات من جسم البلاطة قبل منطقة الحريق بالنسبة للجليز مما يؤدى الى اختراق الغازات للجليز أثناء عملية الحريق، مما يؤدى إلى إحداث فراغ بالجليز وظهور هذا الفراغ بعد الحريق في صورة دبوس إبري ولعلاج هذه المشكلة يمكن عمل الاتي:

- انخفاض ضغط المكبس إلى أقل ضغط ممكن للمقاس الذي يعمل على المكبس.
- ضبط درجة حرارة المجفف بعد المكبس.
- إطالة زمن التجفيف بالفرن لضمان خروج الغازات من البلاطة قبل الدخول إلى منطقة الحريق للجليز.

يمكن أيضاً أن يكون سبب ظهور الدبابيس وخاصة التي تظهر بصورة عشوائية وغير منتظمة، والتي تكون على سطح الجليز هو وجود رايش جسم عالق على سطح البلاط مما يؤدى إلى حدوث دبابيس في هذه المنطقة التي توجد بها رايش جسم.[13]

2 – 3 – 3 مشكلة التقشير (Peeling):

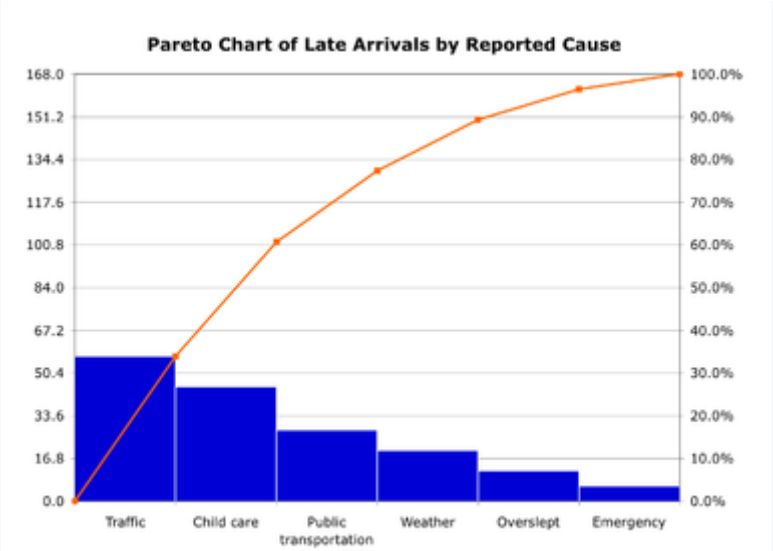
في حالة ظهور التقشير في مكان ثابت من البلاط يمكن مراجعة خط الإنتاج، وملاحظة في أي مرحلة من مراحل الانتاج يظهر بها التقشير خاصة إذا كان ظاهر بالعين المجردة. أما إذا كان التقشير غير ظاهر بالعين، فيمكن أن يتم أخذ عينات كافية بعد كل مرحلة من مراحل الانتاج وإدخال هذه العينات في الفرن، وملاحظة ما إذا كان هناك تقشير وفي أي مرحلة هذه الحالة يمكن تحديد سبب التقشير يمكن أيضا أن يكون سبب التقشير ناتج من عدم ضبط سرعات البلاط قبل مدخل الفرن أو عدم ضبط المساطر على مدخل الفرن وإذا كان التقشير واضح على شكل انفصال طبقة الجليز عن الجسم فالمشكلة تكون بسبب بطانة الأنغوب حيث تكون مادة الأنغوب غير محضرة بشكل صحيح إما كنسب مواد أو نوعية المواد أو ماهية المواد ذاتها ويوضح الشكل (2–20) مشكلة التقشير.[3]

الشكل (2 – 20) تقشير طبقة الجليز

2 – 4 لماذا تم اختيار قسم تحضير الجليز:

2 – 4 – 1 مبدأ (تحليل) باريتو (Pareto principle):

مخطط باريتو، المسمى على اسم فيلفريدو باريتو، هو نوع من التمثيل البياني الذي يتضمن أعمدة ورسمًا بيانيًا خطيًا، كما في الشكل (2–21). حيث تُمثل القيم الفردية في ترتيب تنازلي بواسطة أعمدة ويُمثل المجموع التراكمي بواسطة الخط.



الشكل (2 – 21) مثال لمخطط باريتو

المحور العمودي الأيسر هو تكرار الحدوث، ولكن يمكن أيضًا أن يرمز إلى التكلفة أو وحدة قياس مهمة أخرى. والمحور العمودي الأيمن هو النسبة التراكمية لإجمالي عدد مرات الحدوث أو التكلفة الإجمالية أو إجمالي وحدة القياس المحددة. ونظرًا لأن الأسباب موضحة في ترتيب تنازلي، فإن الدالة التراكمية عبارة عن دالة مقعرة .وبالنظر إلى المثال أعلاه، ففي سبيل خفض مقدار الوصول المتأخر بنسبة 78%، يكفي فقط حل المشكلات الثلاثة الأولى.

إن هدف منحنى باريتو هو تسليط الضوء على أهم العوامل بين مجموعة (كبيرة عادةً) من العوامل. في ضبط الجودة، يكون ذلك غالبًا أكثر مصادر العيوب شيوعًا أو نوع العيب الأعلى حدوثًا أو الأسباب الأكثر تكرارًا لشكاوى العملاء، وهكذا. وضع ويلكنسون (2006) خوارزمية لإيجاد حدود قبول قائمة على الإحصائيات (مماثلة لفترات الثقة) لكل عمود في منحنى باريتو.

يسمى مبدأ تحليل باريتو أيضاً بقانون القلة القوية والكثرة الضعيفة أو عدم التوازن المتوقع أو قاعدة 20:80.

تحليل باريتو هو أسلوب إحصائي في عمليات اتخاذ القرار، ويتم استخدامه لاختيار عددٍ محدودٍ من المهام التي ينتج عنها تأثير عام على قدرٍ من الأهمية. ويستخدم هذا التحليل مبدأ باريتو، وهو عبارة عن الفكرة المتمثلة في أنه من خلال القيام بنسبة 20% من العمل، يمكن أن نحصل على نسبة 80%

من فائدة القيام بالعمل كله. أو أنّ الغالبية العظمى من المشاكل (80%) تنتج عن أسباب رئيسية معدودة (20%)، وهذا فيما يتعلق بتحسين الجودة.

يعد تحليل باريتو أسلوبًا منهجيًا، وهو ذو فائدة حين تتنافس العديد من خطط العمل الممكنة لجذب الانتباه. وفي جوهره، يقدِّر الشخص المعني بحل المشكلة الفائدة التي تنتج مع كل عمل، ثم يختار عددًا من الإجراءات الأكثر فاعلية والتي تقدم فائدة عامة كبيرة، تقترب إلى حدٍ معقول من أكبر فائدة يمكن تحقيقها.[5]

يعد تحليل باريتو وسيلةً إبداعيةً للنظر في أسباب المشكلات؛ حيث إنّه يساعد على تحفيز التفكير وتنظيم الأفكار. غير أنّه يمكن أن يصبح مقيدًا في حالة استبعاد المشاكل التي من الممكن أن تكون هامة، والتي قد تبدو صغيرة في البداية، ولكنها تزداد أهمية بمرور الوقت. ويجب أن يقترن مع أدوات تحليلية أخرى مثل: وضع الفشل وتحليل النتائج وتحليل شجرة الخطأ.

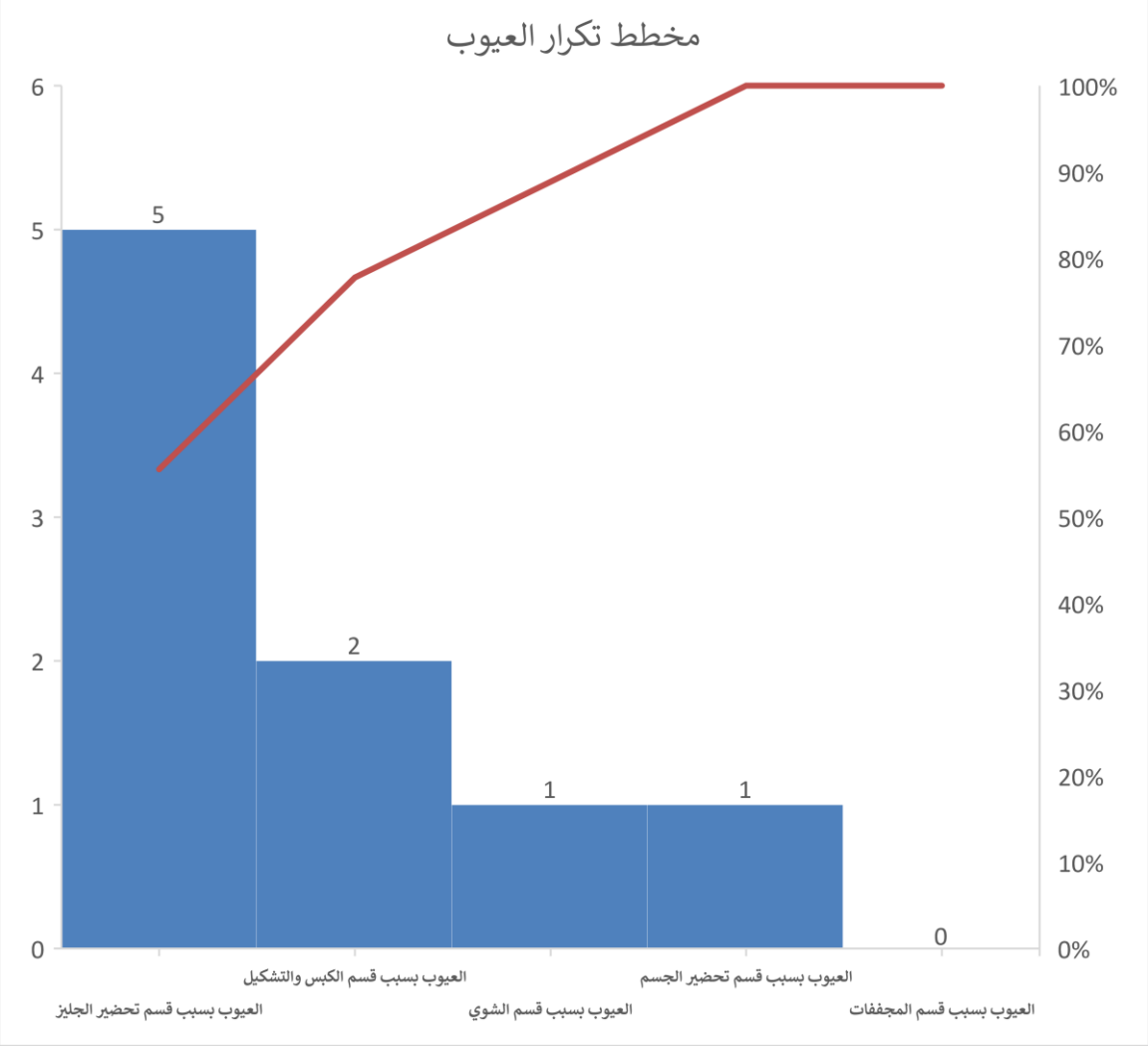
وتساعد هذه التقنية على تحديد الجزء المهم من الأسباب التي تحتاج إلى معالجة، من أجل حل غالبية المشاكل. وبمجرد تحديد الأسباب الرئيسة، يمكن بعد ذلك استخدام أدوات مثل مخطط السبب والأثر (Ishikawa diagram) أو التحليل باستخدام شكل عظمة السمكة(Fish-bone Analysis) ، من أجل تحديد الأسباب الجذرية للمشكلات. في حين أنه من الشائع الإشارة إلى باريتو على أنه "80/20"، على افتراض أنه، في جميع الحالات، تحدد نسبة 20% من الأسباب نسبة 80% من المشكلات، وتعد هذه النسبة مجرد قاعدة مبدئية اختبارية، ولن يتم اعتبارها، ولا ينبغي اعتبارها، قانونًا طبيعيًا غير قابل للتغيير.[5]

2 – 4 – 2 تكرارية العيوب في الأقسام الإنتاجية ضمن المعمل المدروس:

تمّت دراسة ومراقبة عمل الخط الإنتاجي لمدة تزيد عن الست أشهر، بهدف الكشف عن مواضع الخلل الذي قد يحدث خلال العملية الإنتاجية وتحديد المراحل الإنتاجية الأكثر تأثيراً على جودة منتج بلاط السيراميك.

تم الاستفادة من مفهوم باريتو في تسجيل العيوب الإنتاجية التي قد تظهر في كل قسم إنتاجي، حيث قمنا برسم مخطط باريتو لكل شهر على حدا، وأشرنا من خلاله إلى عدد مرات تكرار تلك العيوب، كما تم الاستعانة أيضاً بالتقارير التي تصدر من إدارة قسم الإنتاج بشكلٍ دوري والتي يتم التسجيل فيها لكافة العيوب التي قد تظهر خلال كل دفعة من دفعات الإنتاج، وآلية المعالجة الفنية لكل عيب.

ونوضح في الشكل (2–22) تكرارية العيوب خلال شهر أيلول من العام 2020:



الشكل (2 – 22) تكرارية العيوب خلال شهر أيلول من عام 2020

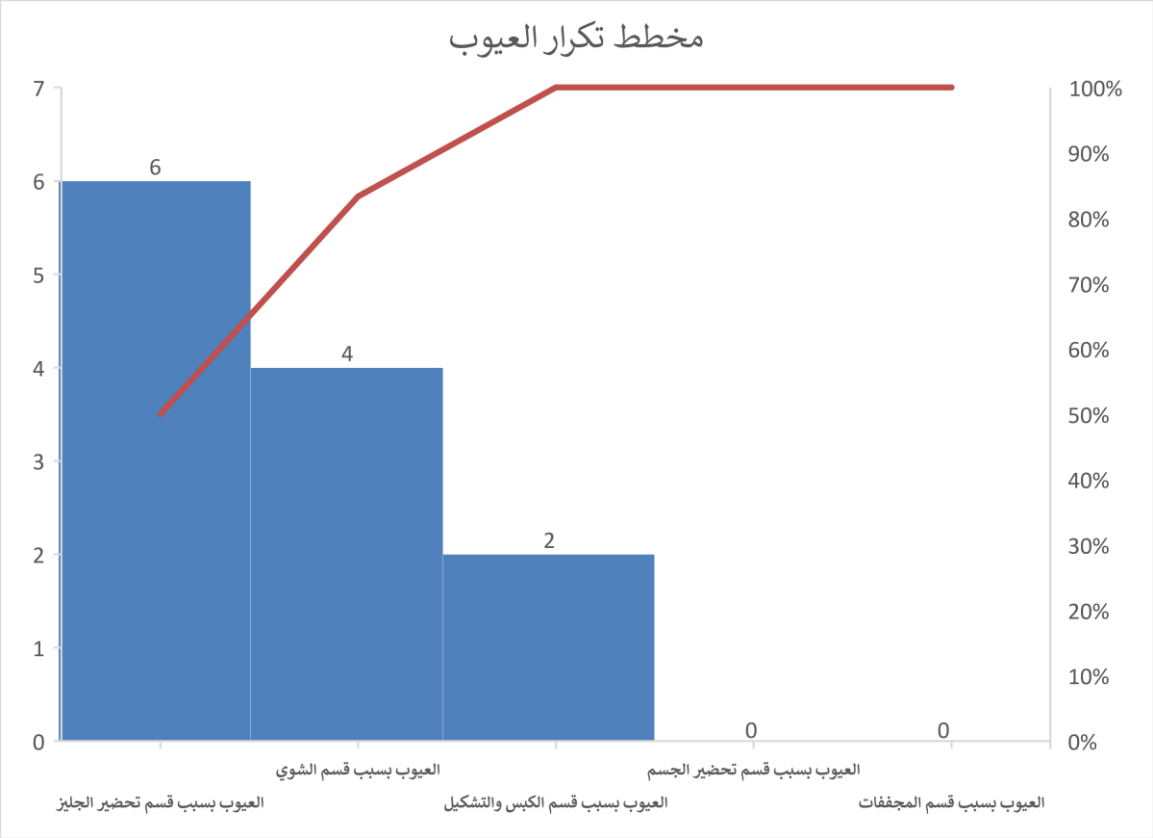
العيوب التي حدثت خلال شهر أيلول من العام 2020:

- قسم المجففات: لم يسبب أي مشكلة تذكر.
- قسم تحضير الجسم: راسب إنتاج المطحنة عالي.

- قسم الشوي: الشروخ.
- قسم الكبس والتشكيل: عدم انتظام السماكة على مستوى القالب الواحد وعدم نظافة وجه البلاط المنتج من عملية التشكيل.
- قسم تحضير الجليز: وجود حفر في طبقة الجليز ثلاث مرات وتغير اللون مرة واحدة وعيب في الاستوائية.

وبقراءة المجموع التراكمي لتكرارية العيوب (الخط المنكسر) نلاحظ أنه إذا تم التخلص من مشكلات قسم تحضير الجليز نكون قد تخلصنا من نسبة 60 % من العيوب.

ونوضح في الشكل (2–23) تكرارية العيوب خلال شهر تشرين الأول من العام 2020:



الشكل (2 – 23) تكرارية العيوب خلال شهر تشرين الأول من عام 2020

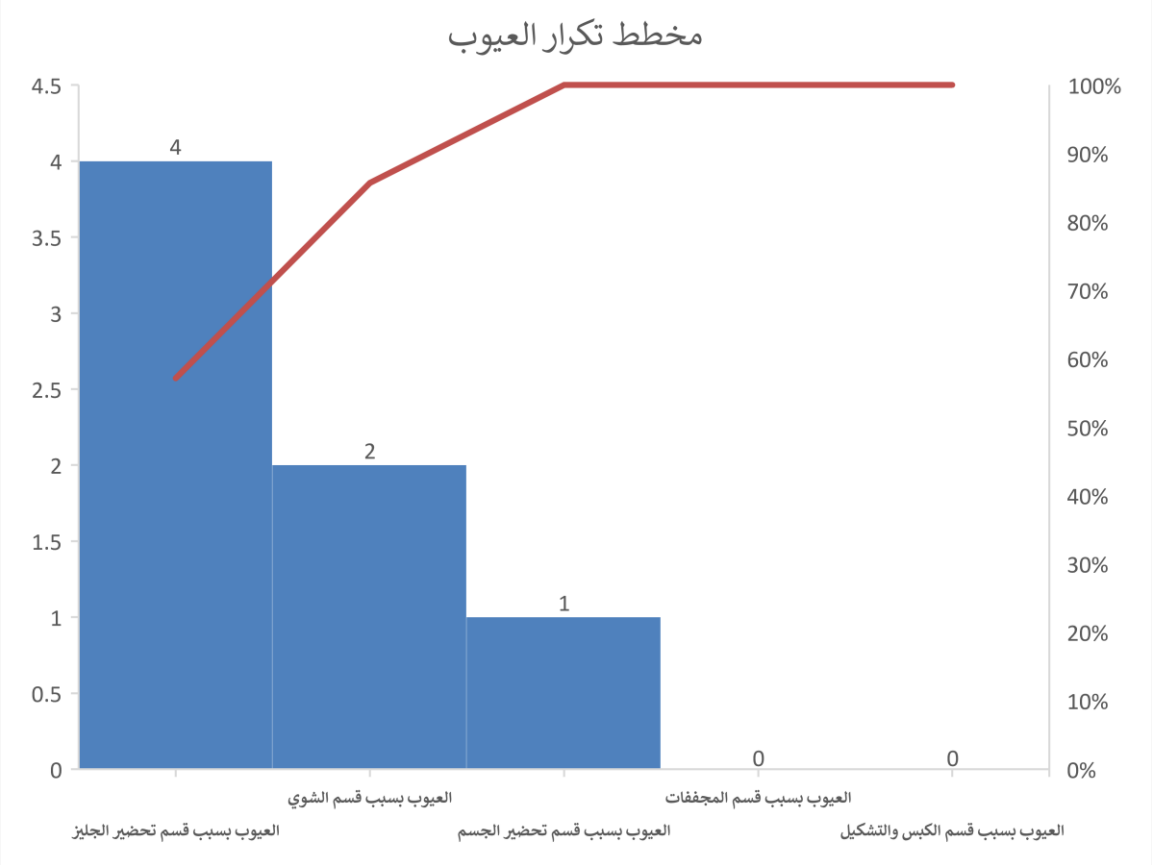
العيوب التي حدثت خلال شهر تشرين الأول من العام 2020:

- قسم المجففات: لم يسبب أي مشكلة تذكر.
- قسم تحضير الجسم: لم يسبب أي مشكلة تذكر.

- قسم الشوي: تشقق السطح مرتين وتشقق الحواف مرتين.
- قسم الكبس والتشكيل: خطأ في قياس البلاطة مرتين.
- قسم تحضير الجليز: وجود حفر في طبقة الجليز مرة واحدة وتغير اللون ثلاث مرات وتشقق السطح مرتين.

وبقراءة المجموع التراكمي لتكرارية العيوب (الخط المنكسر) نلاحظ أنه إذا تم التخلص من مشكلات قسم تحضير الجليز نكون قد تخلصنا من نسبة 50 % من العيوب.

ونوضح في الشكل (2-24) تكرارية العيوب خلال شهر تشرين الثاني من العام 2020:



الشكل (2 – 24) تكرارية العيوب خلال شهر تشرين الثاني 2020

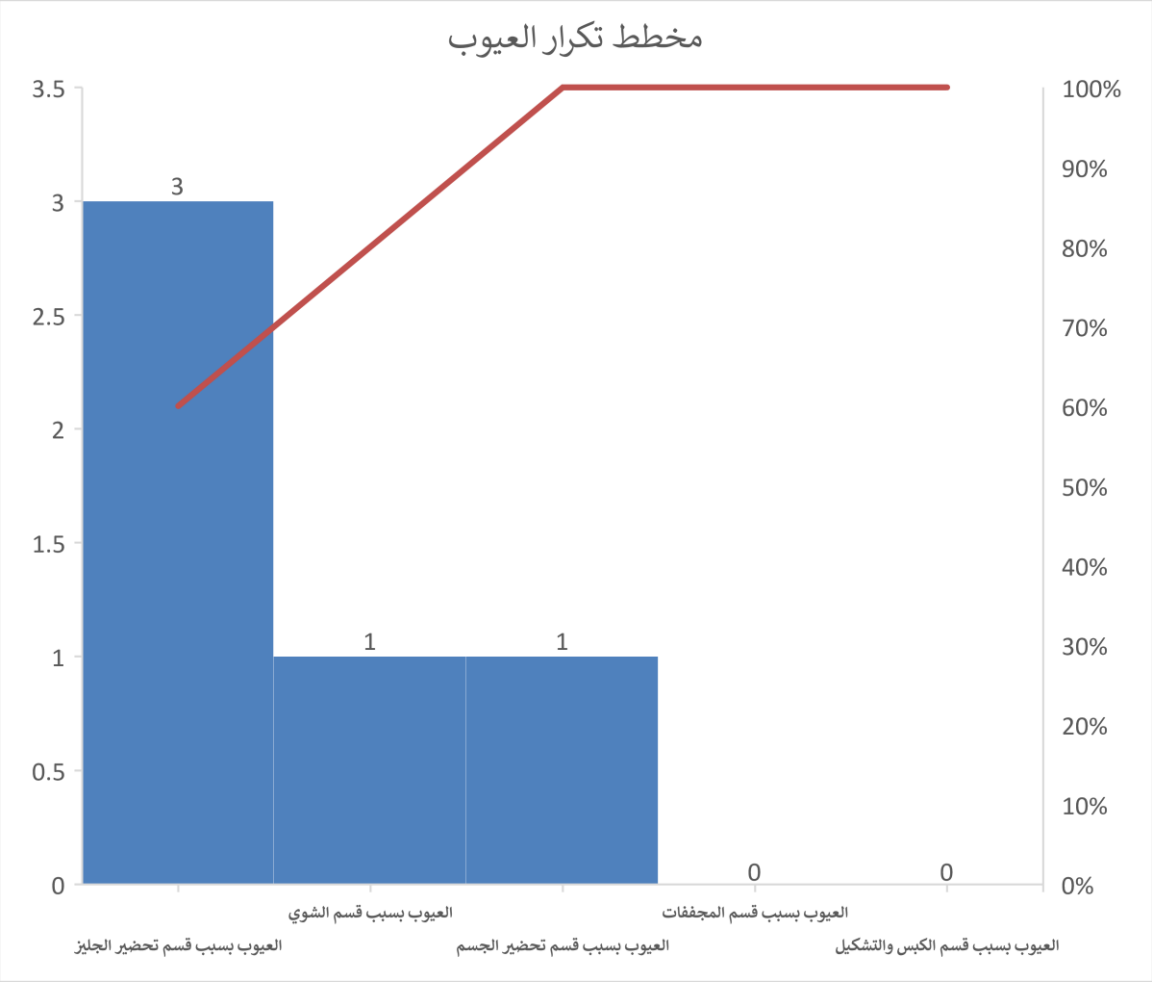
العيوب التي حدثت خلال شهر تشرين الثاني من العام 2020:

- قسم المجففات: لم يسبب أي مشكلة تذكر.

- قسم تحضير الجسم: احتواء منتجات المطحنة على نقاط سوداء.
- قسم الشوي: الشروخ وتشقق الحواف.
- قسم الكبس والتشكيل: لم يسبب أي مشكلة تذكر.
- قسم تحضير الجليز: وجود حفر في طبقة الجليز مرتين وتغير اللون مرة واحدة وتشقق السطح مرة واحدة.

وبقراءة المجموع التراكمي لتكرارية العيوب (الخط المنكسر) نلاحظ أنه إذا تم التخلص من مشكلات قسم تحضير الجليز نكون قد تخلصنا من نسبة 60 % من العيوب.

ونوضح في الشكل (2–25) تكرارية العيوب خلال شهر كانون الأول من العام 2020:



الشكل (2 – 25) تكرارية العيوب خلال شهر كانون الأول من عام 2020

العيوب التي حدثت خلال شهر كانون الأول من العام 2020:

- قسم المجففات: لم يسبب أي مشكلة تذكر.
- قسم تحضير الجسم: لزوجة إنتاج المطحنة عالي.
- قسم الشوي: الشروخ.
- قسم الكبس والتشكيل: لم يسبب أي مشكلة تذكر.
- قسم تحضير الجليز: وجود حفر في طبقة الجليز مرتين وتغير اللون مرة واحدة.

وبقراءة المجموع التراكمي لتكرارية العيوب (الخط المنكسر) نلاحظ أنه إذا تم التخلص من مشكلات قسم تحضير الجليز نكون قد تخلصنا من نسبة 60 % من العيوب.

2 – 4 – 3 مبررات اعتماد قسم تحضير الجليز بأنه أكثر الأقسام تأثيراً على جودة المنتج النهائي:

من خلال المتابعة لتفاصيل العملية الإنتاجية لوحظ بأن معظم العيوب التي تحدث في الأقسام الإنتاجية تتم معالجتها بالطرق الاعتيادية المتعلقة بكل عيب، حيث يكون الهدر مرافقاً لكل عيب من تلك العيوب، فمثلاً بسبب العيوب التي ظهرت خلال الشوي أدت لإنتاج كمية معيبة من المنتجات تُقدر بحوالي 1000 متر مربع من بلاط السيراميك، وهي كامل الكمية التي كانت موجودة داخل الفرن، وبالرجوع إلى مخططات باريتو تبين للباحث بأن أكثر الأقسام المُسببة للعيوب هي قسم تحضير الجليز.

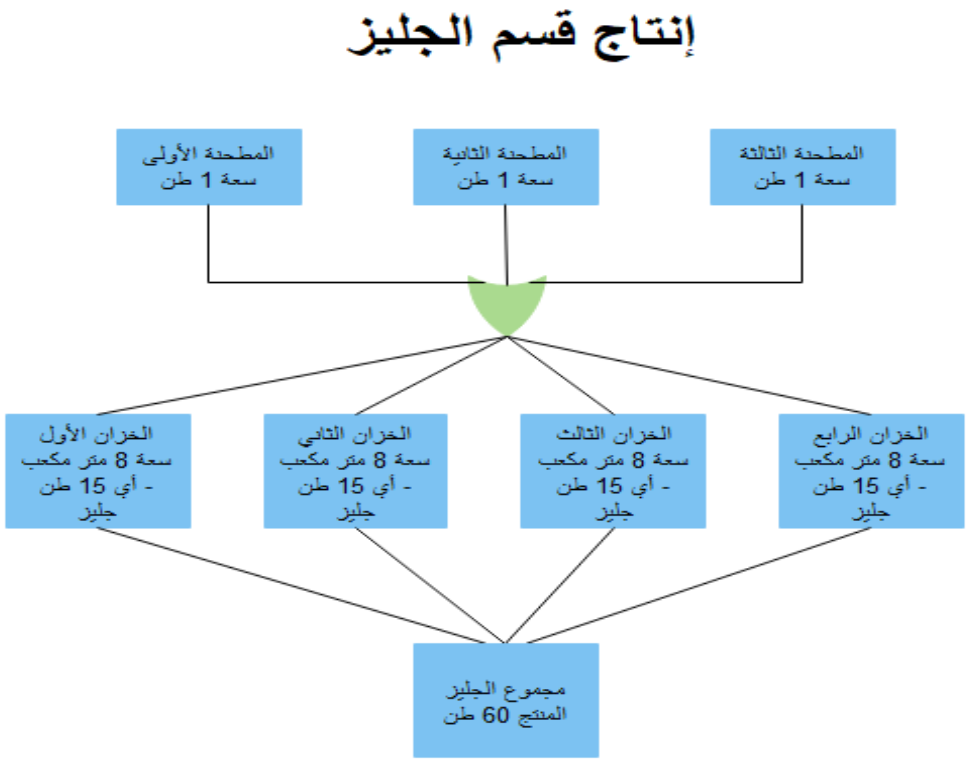
علماً أن جميع الخطوط الإنتاجية تمتاز بتقنيات متطورة، والعيوب التي قد تظهر في هذه الأقسام تكون معالجتها أسهل وأسرع مقارنة مع قسم تحضير الجليز، وذلك لأن قسم تحضير الجليز يعتمد على مبدأ التحضير اليدوي لخليط الجليز من حيث وزن المواد وخلطها.

يتم إنتاج 60 طن من خليط الجليز من خلال ثلاث مطاحن، كما هو موضح بالشكل (2–26). حيث يتم تفريغ منتجات هذه المطاحن ضمن خزانات وفي حال وجود خلل بأحد مخرجات هذه المطاحن يؤدي ذلك إلى تخريب خليط الجليز الموجود أساساً ضمن الخزان والذي يغطي حوالي 45 ألف متر مربع من بسكويت السيراميك، وفي حال حصول عيب في منتج الجليز فتكون المعالجة من خلال تطبيق أحد الاحتمالين التاليين:

1 – الاستمرار بالعملية الإنتاجية واستخدام خليط الجليز ذي الجودة المنخفضة والحصول على منتجات معيبة وبيعها بسعر منخفض، الأمر الذي سيؤدي إلى انخفاض الأرباح.

2 – محاولة تصحيح خليط الجليز المعاب الناتج، وذلك عن طريق تحضير خليط جليز آخر بمواصفات معينة وخلطه مع الخليط المعاب للحصول على خليط جديد بمواصفات جيدة، يُلغى من خلاله العيب الناتج والظاهر على سطح بلاط السيراميك.

قد يستغرق اعتماد الاحتمال الثاني زمناً أطول للوصول إلى نتيجة مرضية وبحاجة أيضاً إلى تنفيذ العديد من التجارب وإدخال دفعات من الإنتاج إلى الفرن للتأكد من الوصول إلى خليط بمواصفات صحيحة، الأمر الذي سيؤدي إلى توقف الأقسام الإنتاجية اللاحقة وأهمها الفرن، إذ أنه يوجد عند مخارج خطوط الطلاء مكنات تقوم بتعبئة عربات التخزين ببلاط السيراميك وتخزينها لحين إدخالها إلى الفرن وفي حال تم اعتماد الخيار الثاني فعندها سنكون بحاجة إلى التخلص من كميات البلاط المطلية بخليط الجليز ذو الجودة المنخفضة أو أن يتم شوي هذه الكمية وقبولها على وضعها الراهن وفي كلا الحالتين سنواجه خسارة كبيرة.



الشكل (2 – 26) كمية الجليز المنتجة في القسم المدروس

إضافةً إلى ما سبق ذكره فإن أحد أهم العوامل الذي دفعنا أيضاً لاعتماد قسم تحضير الجليز كمسبب رئيسي للحصول على منتجات معيبة، وكمسبب رئيسي لزيادة الهدر ضمن العملية الإنتاجية، هو أن الأقسام الإنتاجية التي تسبق قسم تحضير الجليز، والتي هي قسم تحضير الجسم وقسم المكابس وقسم المجففات فإن جميع العيوب التي تحدث ضمن هذه الأقسام يمكن أعادة مخرجاتها إلى قسم تحضير الجسم وإدخالها كنسب معينة ضمن الخلطات اللاحقة، بمعنى أنه في حال كانت مخرجات قسم تحضير الجسم أو المكابس أو المجففات غير مطابقة للمواصفات المطلوبة ومسببة للعيوب يكون لدينا حلان هما:

1 – إذا كان المنتج هو من مخرجات المطحنة المستمرة (سائل) فيتم إعادة هذا المنتج إلى الخزانات الأرضية وتجهيز خليط بمواصفات معينة وخلطه معه حتى يتم الحصول على مخرجات صحيحة، مع بقاء العملية الإنتاجية مستمرة.

2 – إذا كان المنتج هو من مخرجات المذرر أو المكبس أو المجفف (بودرة) فيتم إعادة هذه البودرة إلى خزان خاص بقسم المواد الأولية وهو خزان مخصص لوضع المنتج (الكسر أو المرتجع) ليعود ويدخل ضمن الخلطة الإنتاجية بنسبة محددة، مع بقاء العملية الإنتاجية مستمرة.

أما العيوب التي تظهر في قسم تحضير الجليز فإن البلاط الناتج لا يمكن إعادة تدويره ضمن الأقسام الإنتاجية فبمجرد تطبيق الجليز على سطح بلاطة السيراميك فلا نكون سوا أمام خيار وحيد ألا وهو شوي هذه البلاطة والقبول بها على وضعها الراهن.

وبالرجوع للمواصفة القياسية السورية رقم 3450/2009 والرقم المرجعي لها ICS:91.100.25 فإن الاشتراطات المتعلقة بالأبعاد والاستوائية للبلاط يمكن التحكم بها والبقاء ضمن الحدود المقبولة لهذه المواصفة وذلك من خلال ضبط المواد الأولية ونسبها ومواصفات البودرة المكبوسة، ومن خلال ضبط درجات الحرارة بالفرن، والذي يمكننا من التحكم بالأبعاد بشكل كبير. وهذا ما يتم حالياً ضمن المعمل المدروس حيث أن المشاكل المتعلقة بالأبعاد والاستوائية تحت السيطرة بسبب التقنيات العالية لخطوط الإنتاج الموجودة على عكس قسم تحضير الجليز.

أما بالنسبة للمظهر الخارجي فإنه للتقيد بشروط المواصفة فلا بد من تحسين آلية عمل القسم الرئيسي الذي يزود البلاطة بمظهرها الخارجي ألا وهو قسم تحضير الجليز أو القبول بنسب الهدر والخسارة الناتجة عن الحصول على منتجات غير مطابقة للمواصفة.

ما تقوله قاعدة 20/80 أن هناك نوعاً من عدم التوازن بين الأسباب والنتائج أو بين المدخلات والمخرجات.

في صناعة السيراميك 20% من العيوب (عيوب قسم تحضير الجليز) تؤدي إلى تحول 80% من المنتجات المعيبة إلى أخر مستوى نخب (bulk or stock) بسبب تشوه السطح بشكل ملحوظ بشكل كبير. في صناعة السيراميك 80% من العيوب (بقية أقسام المعمل) تؤدي إلى تحول 20% من المنتجات المعيبة إلى أخر مستوى نخب (bulk or stock).

نلاحظ أنه في معظم الحالات تكون المشاكل المؤثرة على جودة منتج السيراميك لها سبب مباشر ومعروف مؤدي لها، كما أن خط إنتاج السيراميك مضبوط بطريقة منظمة تؤدي إلى معرفة مكان الخلل باستثناء قسم تحضير الجليز حيث أنه أي مشكلة عند العودة إلى السبب الرئيسي المؤدي لها ومعالجة السبب ولم يتم حل المشكلة، تكون المشكلة كامنة في قسم الجليز وهذه المشكلة التي يعاني منها مصنعو السيراميك. حيث أنه يتم إضاعة الوقت في كثير من الأحيان عن طريق التخمين والعودة إلى الأسباب المعروفة لمشكلة ما ومحاولة المعالجة وفي نهاية المطاف يكون الخلل في مادة الجليز ذاتها والذي يكون هو السبب دائماً.

إن العيوب التي تحدث وتؤثر في جودة المنتج بسبب قسم تحضير الجليز تؤثر بشكل كبير على شكل المنتج النهائي له وخاصة في الطبقة السطحية الظاهرة، بينما العيوب التي تحدث وتؤثر في جودة المنتج بسبب بقية الأقسام فإن نسبة كبيرة منها لا تلاحظ على سطح السيراميك.

وبالتالي إن حدوث عيب بطبقة الجليز السطحية سوف تحول المنتج إلى أخر مستوى نخب وهذا الشيء قد لا يحدث مع نسبة كبيرة من بقية العيوب بباقي الأقسام.

إن المشاكل التي تحدث عند تصنيع السيراميك لكل قسم يكون سببها أحد العمليات التشغيلية ضمن القسم الذي ظهر فيه العيب أو القسم الذي يسبقه ويمكن معالجة الخلل بضبط العملية الإنتاجية أو

تصحيح بارامترات التشغيل في الأقسام (التوزع الحبيبي للبودرة – نسبة الرطوبة للبودرة – ضغط المكبس – درجة حرارة الشوي – درجة حرارة التبريد ..... الخ).

لكن المشكلة تكمن عند وجود عيب في المنتج وتداخل مسببات هذا العيب مع قسم تحضير الجليز حيث يتم التوجه إلى مراجعة مسببات العيب المعروفة وإضاعة الوقت دون الوصول إلى حل وذلك لأن العيب يكون سببه هو قسم تحضير الجليز وعدم جودة منتج الجليز المطبق، إضافة للمشاكل المعروفة بأنها بسبب تحضير الجليز، ومعالجة المشاكل الناتجة عن هذا القسم تستغرق الكثير من الوقت وتؤدي إلى هدر كبير وتوقف الأقسام الإنتاجية اللاحقة.

إن الغاية الأساسية من الدراسة هي التخلص من المشاكل التي يسببها قسم تحضير الجليز وضمان جودة مخرجات قسم تحضير الجليز، وعليه في حال حدوث مشاكل في جودة منتج السيراميك بعد ضبط قسم تحضير الجليز يكون له أسباب معروفة يمكن معالجتها بشكل مباشر.

إن المشكلة الرئيسية في قسم تحضير الجليز الموجود ضمن المعمل المدروس هي عدم وجود آلية ضبط صحيحة لتعبئة وخلط ووزن المواد الداخلة بتركيب خليط الجليز.

عند ضبط آلية عمل قسم تحضير الجليز فمن المفترض أن يؤدي ذلك إلى تحسين جودة خليط الجليز وإلغاء المشكلات التي من الممكن أن يكون قسم تحضير الجليز هو المسبب لها وحصر المشكلات بأسبابها المعروفة بعيداً عن قسم تحضير الجليز.

الفصل الثالث

الحل المُقترح لمعالجة أهم المشاكل الإنتاجية

التي تواجهها صناعة السيراميك

3 – 1 مقدمة:

عند حدوث أي خلل في منتج السيراميك فإنه يمكن التنبؤ بسبب هذا الخلل ومكانه على خط الإنتاج وما هي أسبابه ومن الممكن المعالجة، ولكن في كثير من الأحيان يتم التوجه لعلاج نقطة من خط الإنتاج ظناً أنها سبب الخلل ليتبين بعد ذلك أنها ليست السبب، ويكون سبب الخلل المباشر في قسم الجليز وهذه المشكلة التي يعاني منها مصنعو السيراميك حيث أنه يتم إضاعة الوقت في كثير من الأحيان عن طريق التخمين والعودة إلى الأسباب المعروفة لمشكلة ما ومحاولة المعالجة، وفي نهاية المطاف يكون الخلل في مادة الجليز ذاتها. ويترتب على هذا الموضوع خسائر كبيرة بسبب التعطل وخروج دفعات من الإنتاج حاوية على عيب معين لذلك تم الاعتماد على دراسة قسم تحضير الجليز.

3 – 2 آلية عمل قسم تحضير الجليز الموجود حالياً ضمن المعمل المدروس:

إن مادة الجليز مؤلفة من مجموعة من المواد مثل (ويلاستونايت، كاؤولين، فلدسبار، رمل كوارتز، أكسيد الزنك، غرانيلا لماعة (Granilia) وفريتات) حيث أنه يمكن أن يوجد في خلطة الجليز الواحدة أكثر من نوع من الفريتات وأكثر من نوع من مادة الغرانيلا اللماعة وذلك حسب نوع بطانة الجليز المراد تطبيقها على بلاط السيراميك.

إن قسم تحضير الجليز مهمته خلط المواد المذكورة للحصول على منتج الجليز ليتم نقله إلى خطوط الطلاء حيث يتم تطبيقه بشكل بطانة على البلاط.

إن المواد المذكورة سابقاً يتم الحصول على البعض منها من السوق المحلية والبعض الآخر يتم استيراده من بعض الدول الأجنبية، وتأتي المواد على شكل أكياس قماشية، كما في الشكل (3–1). ويحتوي كل كيس على وزن واحد طن من هذه المادة.

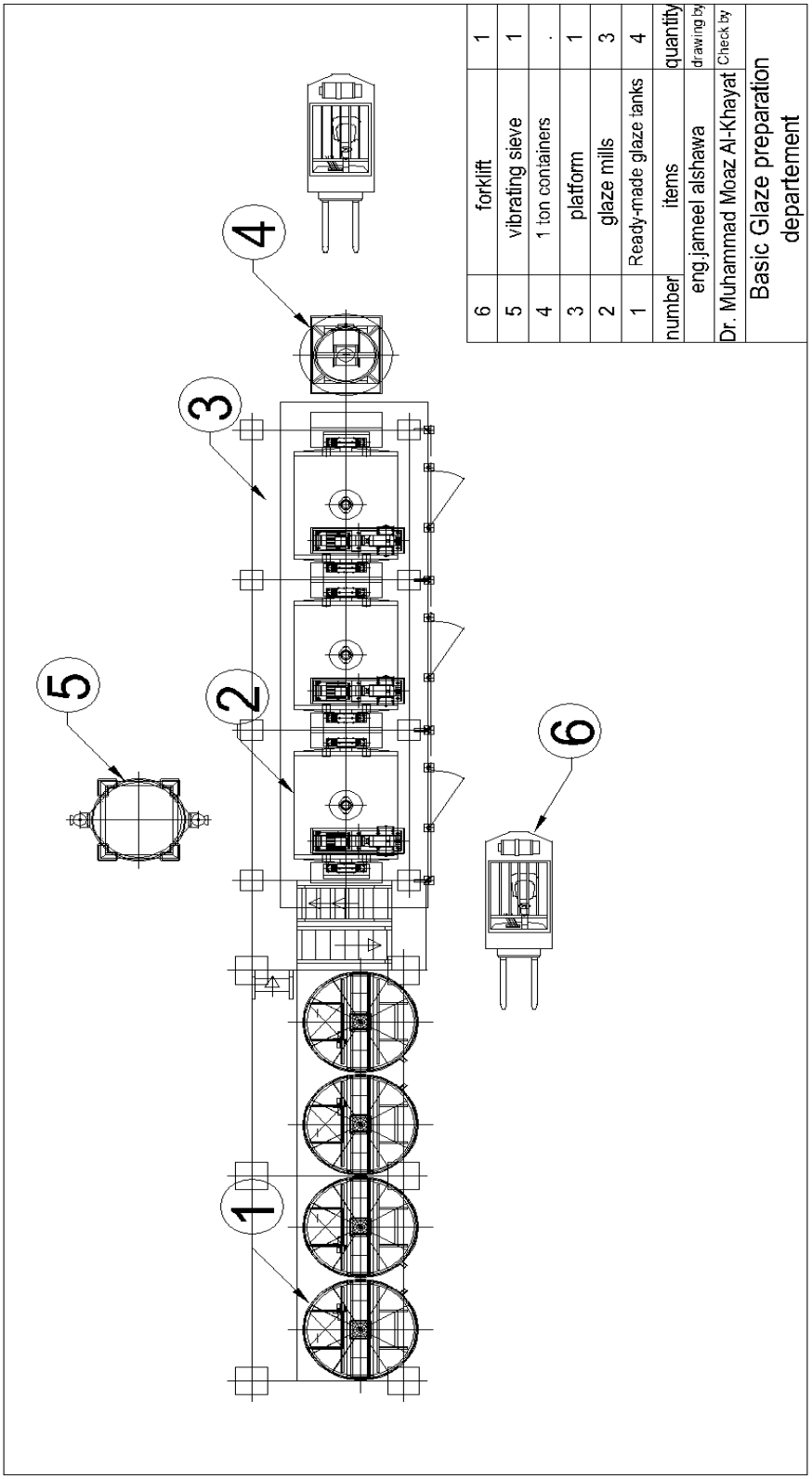
الشكل (3 – 1) الأكياس القماشية الحاوية على المواد المستوردة

أما المواد التي يتم تأمينها من السوق المحلية، فتأتي بشكل حر ويتم تعبئتها داخل حاويات معدنية فارغة (الجزء رقم 4 من الشكل (3–2)). ويتم إدخالها إلى قسم تحضير الجليز مع بقية المواد.

إن خلطة الجليز المراد تصنيعها تتألف من نسب معينة من المواد المذكورة سابقاً، ويتم وزن هذه المواد بواسطة عمال على موازين ميكانيكية والكترونية موجودة ضمن القسم بحيث يكون وزن المواد الكلي هو واحد طن (حسب سعة المطحنة). ويتم تعبئة هذه المواد بعد الوزن ضمن الحاوية المعدنية ويتم رفع هذه الحاوية بواسطة رافعة جسرية محمولة على المنصة المقامة فوق مطاحن الجليز (الجزء رقم 3 من الشكل (3–2)). ويتم تفريغ الحاوية المعدنية إلى داخل المطحنة (الجزء رقم 2 من الشكل (3–2)). ومن ثم يتم ضخ كمية من الماء إلى داخل المطحنة ومن ثم يتم إغلاق المطحنة وتدويرها لوقت محدد للحصول على خليط الجليز الجاهز.

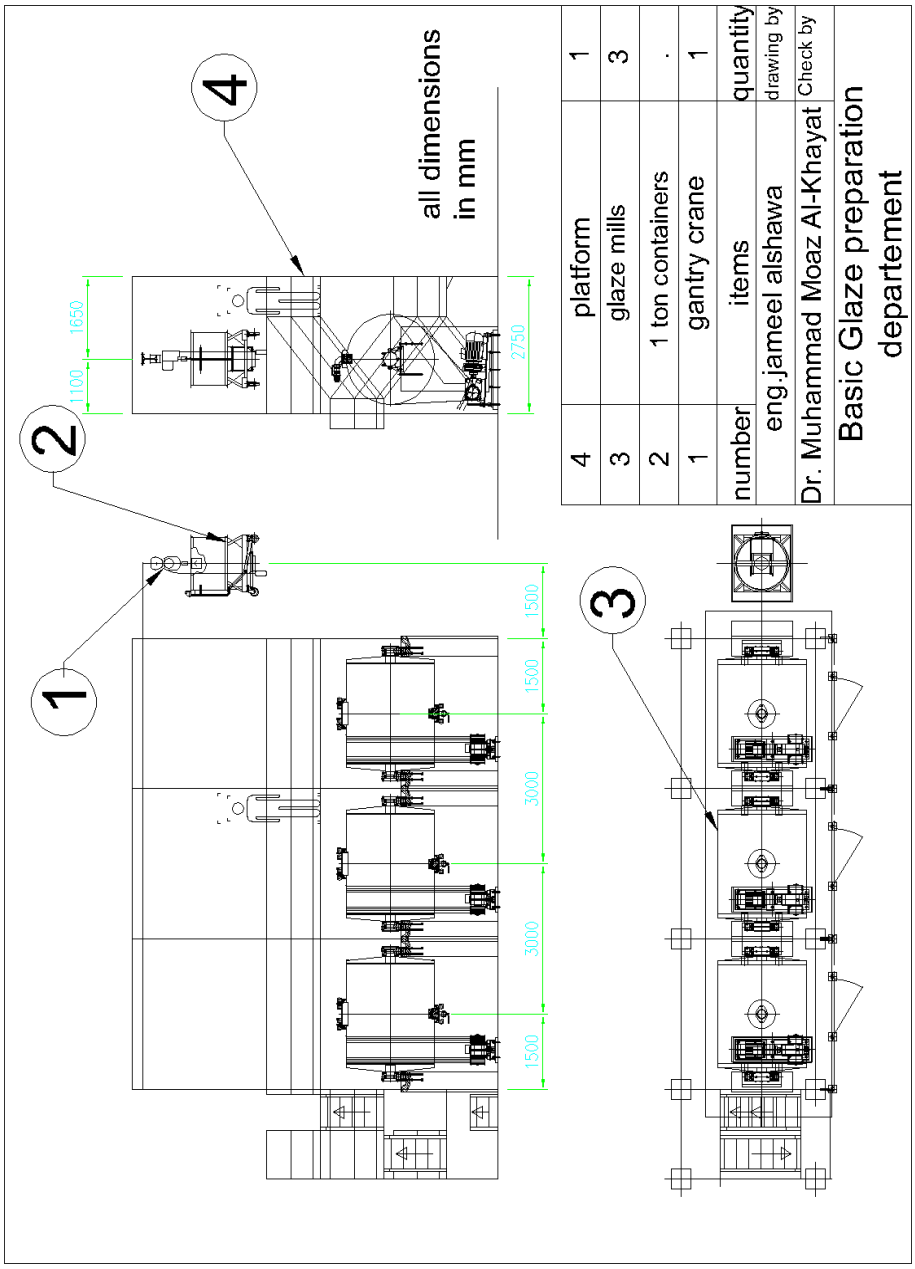
بعد انتهاء عملية الطحن يتم تفريغ المطحنة بواسطة أنبوب مرن إلى عربة حاوية على منخل رجاج ومضخة غشائية (الجزء رقم 5 من الشكل (3–2)). والتي تقوم بضخ مادة الجليز بعد عملية التنخيل إلى خزانات كبيرة تحتوي على خلاطات تعمل بشكل مستمر (الجزء رقم 1 من الشكل (3–2)). وعند الحاجة إلى مادة الجليز يتم تفريغ ما يلزم من الخزان إلى عربة حاوية على منخل رجاج ومضخة غشائية،

كما في الشكل (3–5). والتي تضخ مادة الجليز إلى خزان خدمة صغير يحتوي على خلاط يعمل بشكل مستمر ويتم نقل هذا الخزان إلى مكان الاستخدام على خط الطلاء.



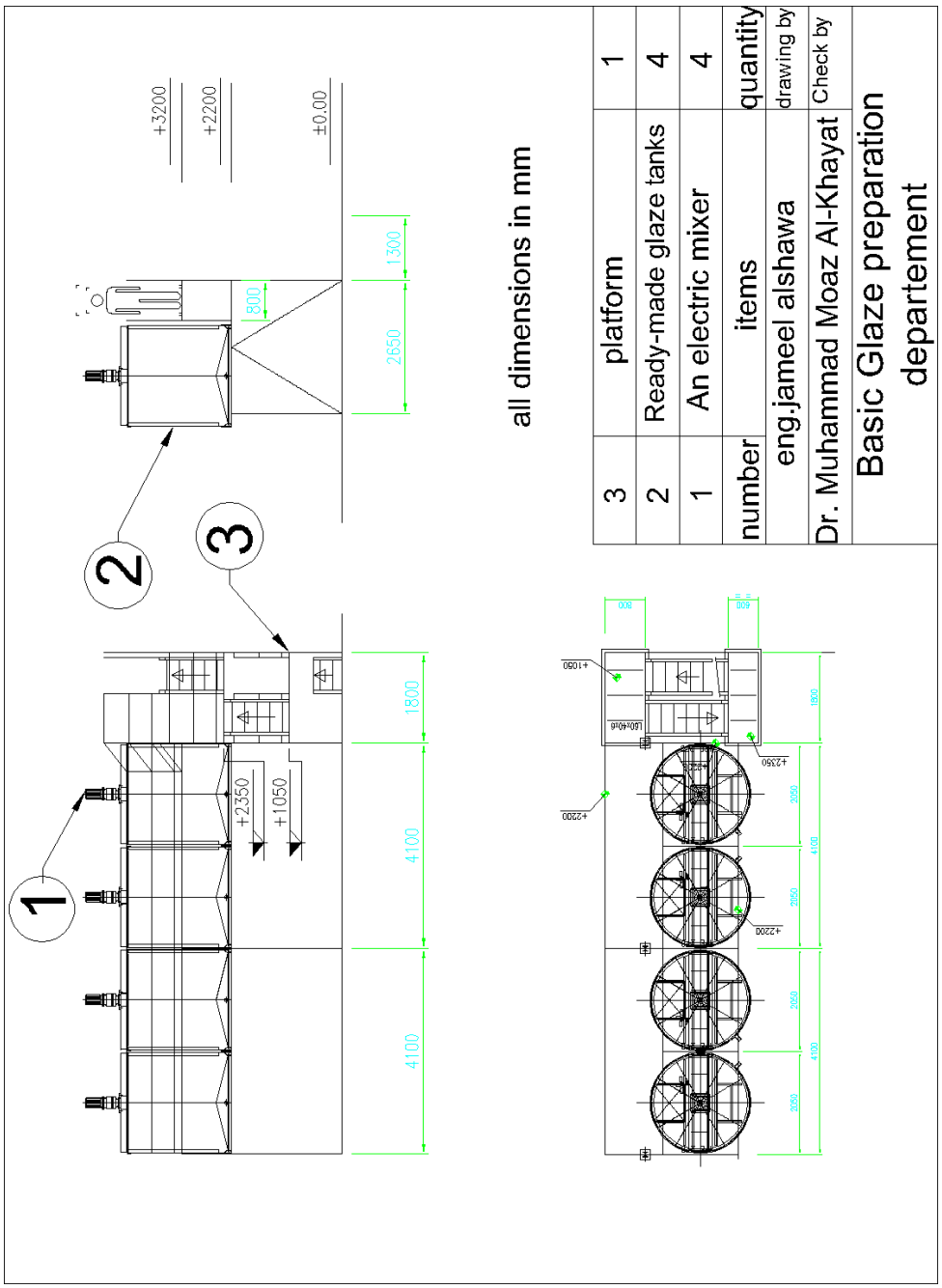
الشكل (3 – 2) مخطط الموقع العام لقسم الجليز الموجود ضمن المعمل المدروس

ويبين الشكل (3–3) ثلاثة مساقط لمطاحن الجليز المستخدمة ومبين فيها الرافعة الجسرية بالجزء رقم (1)، والحاويات المعدنية بالجزء رقم (2)، والجزء رقم (3) يمثل مطاحن الجليز، بينما الجزء رقم (4) يمثل المنصة المعدنية المقامة فوق مطاحن الجليز.



الشكل (3 – 3) مطاحن الجليز ومنصة الخدمة الخاصة بها

ويبين الشكل (3–4) ثلاثة مساقط لخزانات حفظ الجليز الجاهز، ومبين فيها الخزان بالجزء رقم (2) والخلاط الكهربائي المستخدم لتخليط مادة الجليز بشكل مستمر بالجزء رقم (1)، أما المنصة الحاملة لخزانات حفظ الجليز الجاهز فمبينة بالجزء رقم (3).



الشكل (3 – 4) المنصة مع الخزانات المستخدمة لحفظ مادة الجليز الجاهز

الشكل (3 – 5) العربة الحاوية على منخل رجاج ومضخة غشائية

3 – 3 آلية عمل قسم تحضير الجليز المقترح كبديل عن القسم الموجود:

إن المشكلة الرئيسية في قسم تحضير الجليز الموجود ضمن المعمل المدروس هي عدم وجود آلية ضبط صحيحة لتعبئة وخلط ووزن المواد الداخلة بتركيب خليط الجليز والأنغوب.

عند ضبط آلية عمل قسم تحضير الجليز فمن المفترض أن يؤدي ذلك إلى تحسين جودة خليط الجليز وإلغاء المشكلات التي من الممكن أن يكون قسم تحضير الجليز هو المسبب لها وحصر المشكلات بأسبابها المعروفة بعيداً عن قسم تحضير الجليز.

سيتم العمل على تغيير ملامح هذا القسم من حيث آلية التوريد للمواد الأولية وآلية التعبئة والخلط والوزن لهذه المواد وذلك بإضافة بعض التجهيزات الفنية والتي جزء منها موجود أساساً ضمن صناعة السيراميك ولكن غير موجود ضمن قسم تحضير الجليز وبعضها موجود في صناعات أخرى كصناعة الأسمنت.

<u>التجهيزات الموجودة أساساً في قسم تحضير الجليز:</u>

- مطاحن الجليز.

- منصة فوق مطاحن الجليز مع رافعة جسرية.
- خزانات الجليز الجاهز.
- العربة الحاوية على منخل رجاج ومضخة غشائية.

<u>التجهيزات المراد إضافتها لقسم تحضير الجليز الجديد:</u>

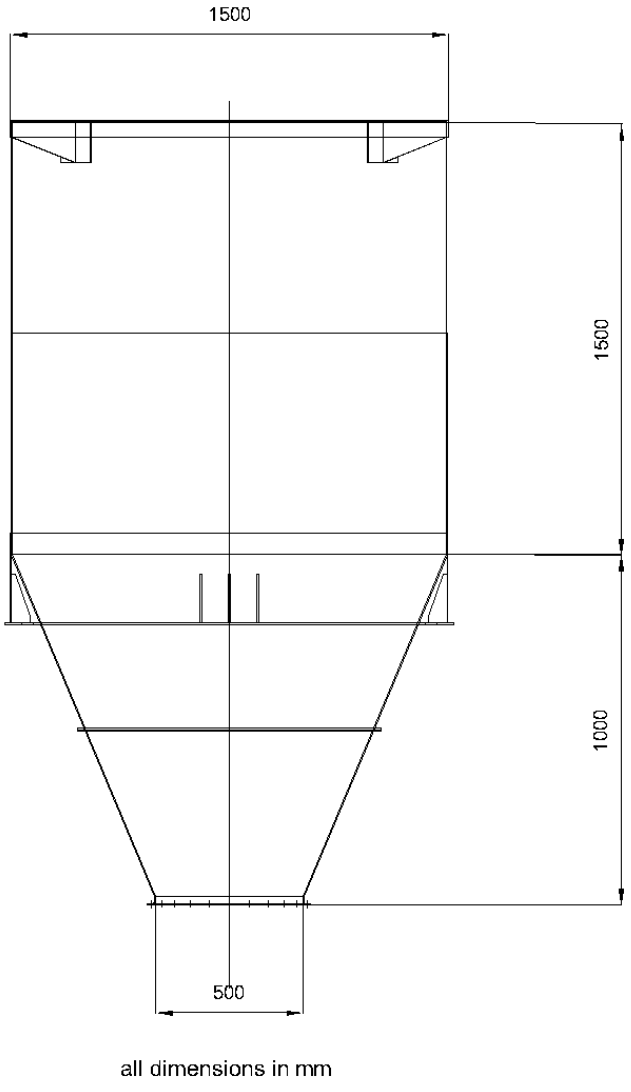
- خزانات تعبئة المواد الأولية.
- منصة معدنية فوق خزانات تعبئة المواد الأولية مع رافعة جسرية.
- جهاز رجاج يركب على مخارج خزانات المواد الأولية.
- السيور الناقلة المزودة بخلية وزن.
- السيور الناقلة العادية.
- عداد تدفق الكتروني.
- حاويات بسعة واحد طن.

كما تم الحديث مسبقاً فإن المواد المستخدمة في تصنيع الجليز بعضها يورد محلياً والبعض الأخر يورد من دول أجنبية، حيث أن المواد الموردة من الخارج تأتي ضمن أكياس قماشية معبأة بوزن واحد طن من المادة، أما المواد الموردة محلياً فتأتي حرة ضمن سيارات شاحنة ويتم تفريغها في ساحات المعمل الفارغة.

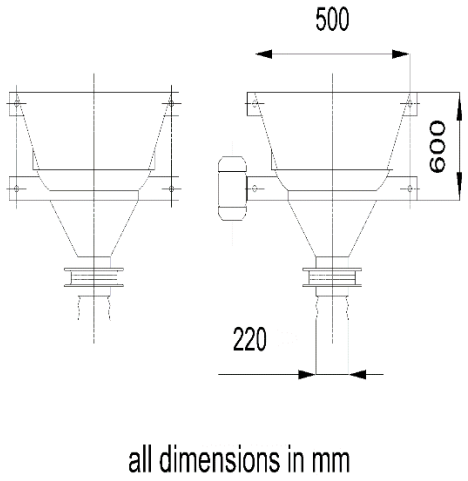
يجب أن يتم تعبئة هذه المواد الحرة ضمن الأكياس القماشية الفائضة بعد تنظيفها ويتم تجميع هذه الأكياس بمكان قريب من قسم تحضير الجليز ونقلها عند الحاجة عن طريق رافعة شوكية إلى قسم التحضير.

يتم تفصيل منصة معدنية بارتفاع 6 أمتار عن الأرضية كما في الشكل (3-8) الجزء رقم (1). ويتوضع على هذه المنصة خزانات مصنعة من صفائح من معدن الكروم ذو العيار 304 بسعة 2 متر مكعب بشكل أسطواني والجزء السفلي منها بشكل مخروطي كما في الشكل (3-6) ويبلغ عددها 12 خزان كما في الشكل (3-8) الجزء رقم (2). ويتم تخصيص كل خزان أو أكثر لمادة معينة حسب كمية هذه المادة في الخليطة.

أعلى هذه المنصة يتم وضع جسر معدني ويتم تركيب رافعة جسرية، تنتقل فوق الخزانات المذكورة ووظيفتها حمل الأكياس القماشية المتوضعة على جانب المنصة ورفعها أعلى الخزانات وتفريغها في الخزانات كل مادة في الخزان المخصص لها. ويتم إعطاء هذه الخزانات رموز معينة حسب المادة الموجودة ضمنها.



الشكل (3 – 6) خزان حفظ المواد المطلوب تصنيعه



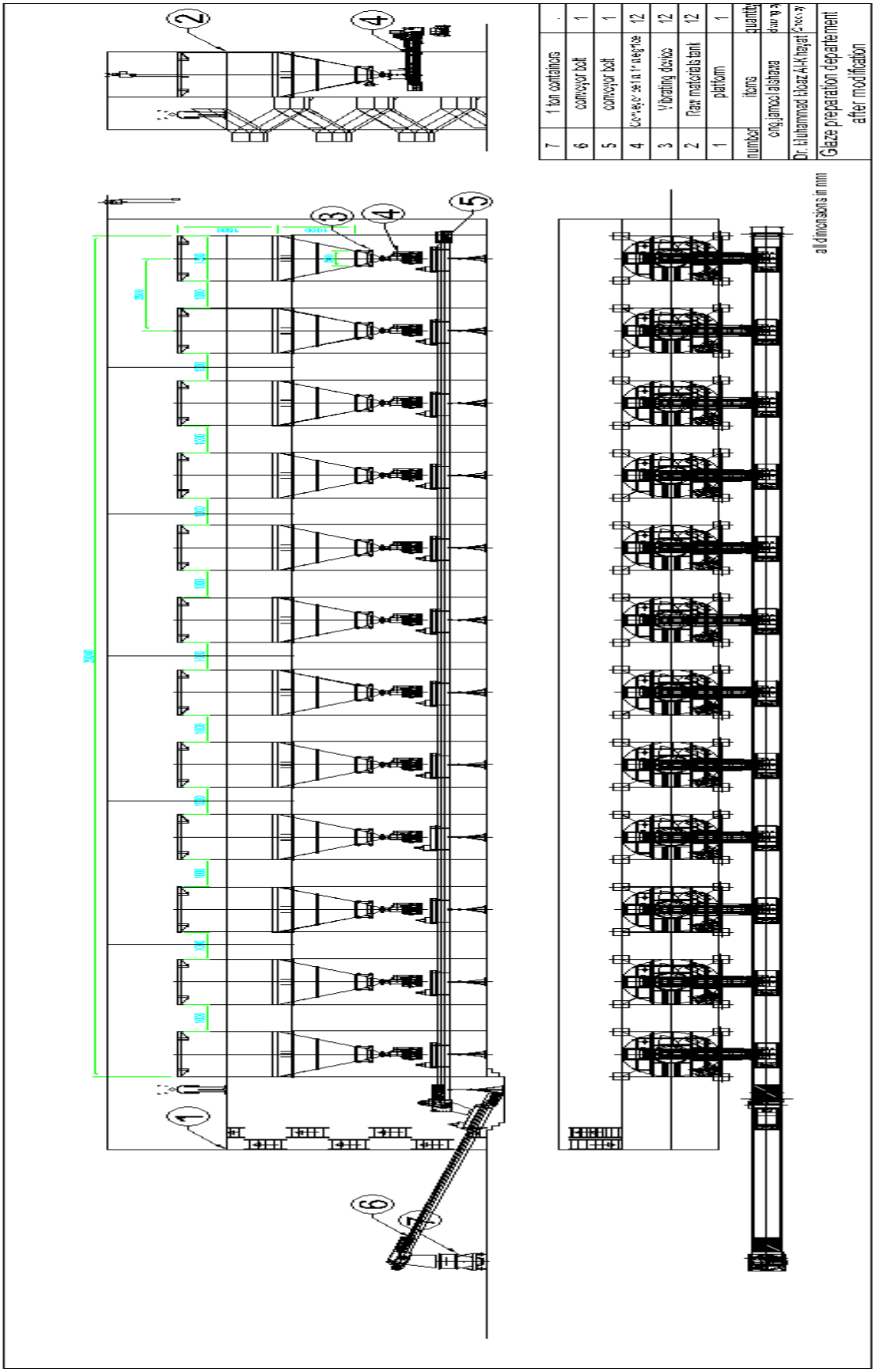
الشكل (3 – 7) جهاز الرجاج الواجب استخدامه على مخرج خزانات حفظ المواد

وعلى مخرج كل خزان يتم تركيب جهاز رجاج كما في الشكل (3–7) والشكل (3–8) الجزء رقم (3) والذي يساعد على خروج المواد وعدم تكتلها نتيجة الرطوبة عند مخرج الخزان وهذا الجهاز يستخدم في كثير من الصناعات مثل صناعة الأسمنت.

بعد خروج المواد من خزان التجميع عن طريق الرجاج تنتقل هذه المواد بواسطة سير ناقل مزود بخلية وزن الجزء رقم (4) من الشكل (3–8). بحيث أن المواد المنتقلة عبر هذا السير يتم حساب وزنها أوتوماتيكياً، وعليه فإنه يتم تحديد الوزن المطلوب من كل مادة على لوحة التحكم وعليه فإن السير لا ينقل إلا الكمية المطلوبة منه والمحددة وفقاً لنسبة هذه المادة في الخلطة، وبذلك يتم التخلص من الأخطاء الناتجة عن عملية الوزن اليدوي من قبل العمال في قسم تحضير الجليز.

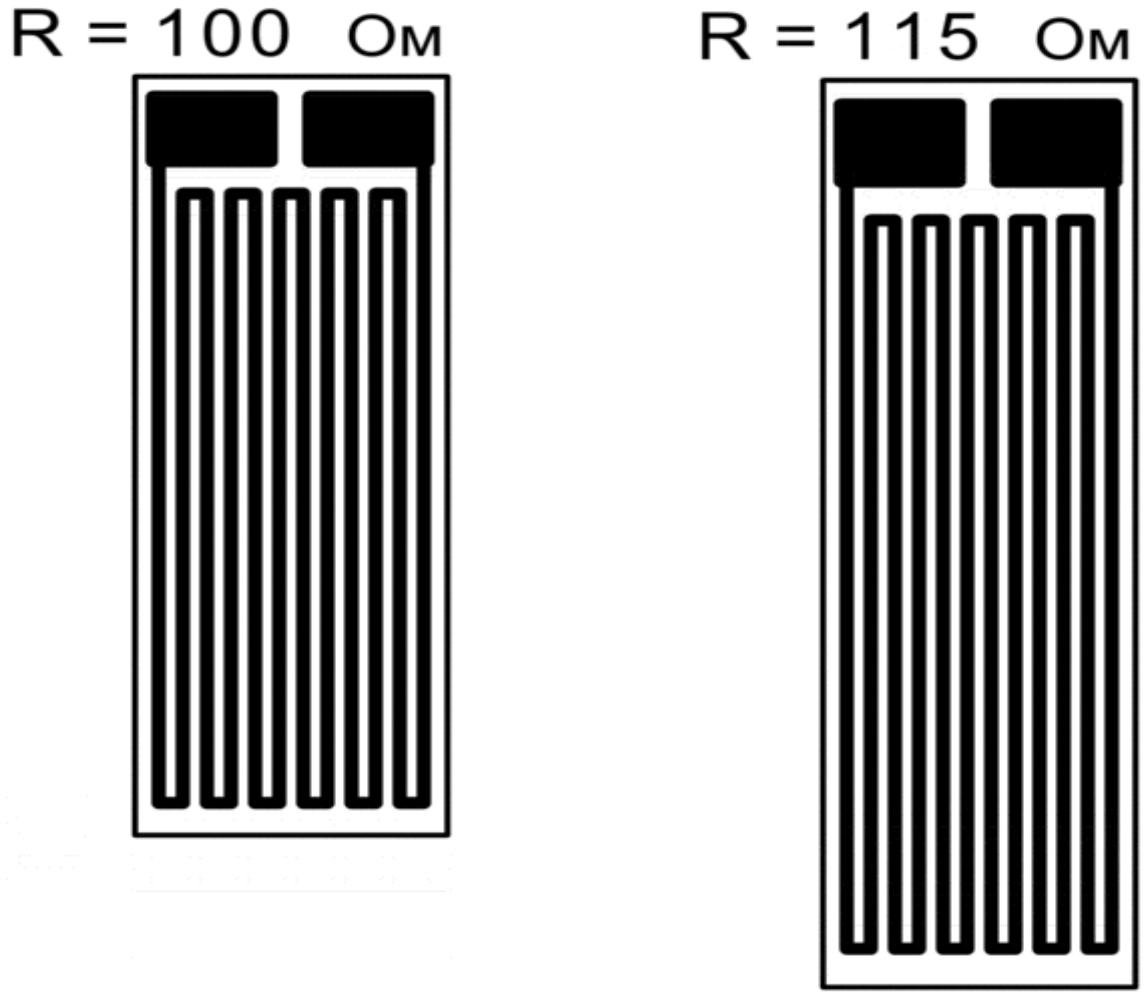
وخلية التحميل (الوزن) هي عبارة عن محول طاقة يستخدم لتحويل القوة إلى إشارة كهربائية وأشهر نوع لخلايا التحميل هو المزود بحساس انفعال والذي هو عبارة عن أداة لقياس انفعال مادة، كما في الشكل (3–9).

النوع الشائع من حساسات الانفعال يتكون من ملف معدني مطبوع ومثبت على شريحة بلاستيكية مرنة وإن قيمة المقاومة ترتفع عند شد حساس الانفعال وقيمة المقاومة تقل عند ضغط حساس الانفعال كما في الشكل (3–10). [6],[7]



الشكل (3 – 8) مقترح خزانات حفظ المواد مع المنصة الحاملة والرافعة الجسرية

الشكل (3 – 9) خلايا الوزن المستخدمة في السيور الناقلة



الشكل (3 – 10) تغير المقاومة عند شد وضغط حساس الانفعال

إن السيور المزودة بخلايا وزن والبالغ عددها 12 سير، والمطابقة لعدد الحزانات تقوم بنقل المواد إلى سير رئيسي من النموذج (v–belt)، كما في الشكل (3–8) الجزء رقم (5). حيث أن كل سير يقوم بإنزال المواد الموزونة عليه إلى هذا السير الرئيسي، وينقلها إلى سير أخر من نفس النوع، الجزء رقم (6) من الشكل (3–8). وعلى مخرج هذا السير تتوضع الحاوية المعدنية بسعة 1 طن، كما في الشكل (3–8) الجزء رقم (7). والتي تمتلئ بخلطة الجليز الجاهزة نتيجة حركة السير وتُنقل هذه الحاوية ويوضع مكانها حاوية آخرى فارغة ويعاد تشغيل النظام.

إن السيور الناقلة هي وسيلة لحمل كميات كبيرة من المواد من مكان إلى آخر، كما في الشكل (3–11). وتتكون من بكرتين، إحداهما البكرة المُسيّرة التي تؤمّن الطاقة وتُبقي الحزام في حركة مستمرة. وتُسَيَّر معظم الأحزمة الناقلة بوساطة محرك كهربائي. ويَسير الحزام على مجموعة من الأسطوانات تسنده وتخفف من الاحتكاك. وتُنقل المواد على الحزام بخط مستقيم وسرعة معتدلة. ويمكن أن يَحمل الحزام الناقل المواد عبر منحدرات وأراضٍ متعرجة يصعب على الشاحنات أو القطارات اجتيازها، شريطة ألا تسمح زاوية الانحدار للمواد بالانزلاق على الحزام.[8]

من الممكن أن يكون الحزام مسطّحاً وعريضاً، حيث يُكتفى بوضع المواد عليه لتُنقل. أمَّا في حالة نقل مواد سائبة كالسكر والملح والأتربة، فيكون الحزام بشكل قناة حتى يمكن نقل هذه المواد دون تسرُب أيّة كمية منها. وهناك أحزمة أخرى تتألّف من سلاسل تتدلّى منها سطول، أو تحمل خطافات أو مغارف تلتقط المواد وتحملها من مكان لآخر.

يكون الحزام الناقل المتحرك غالباً مجرد جزء من نظام نقل أكبر. فإذا احتاج النظام الناقل تغيير اتجاهه أو الانعطاف، تسقط المواد من حزام إلى آخر يتحرك نحو الاتجاه المرغوب فيه.[3]

الشكل (3 – 11) الشكل العام للسيور الناقلة

3 – 4 الشكل العام لقسم تحضير الجليز ومستلزماته:

إن قسم تحضير الجليز موجود حالياً ضمن الصالة الإنتاجية في المعمل المدروس والتعديل المقترح للقسم سيتم ضمن أحد المستودعات الملحقة بالمعمل، والذي هو عبارة عن مستودع لتخزين المواد الأولية الخاصة بتصنيع خليط الجليز، كما في الشكل (3-12) الجزء (7) أو الشكل (3-13) الجزء رقم (9). وهو بمساحة 3000 متر مربع.

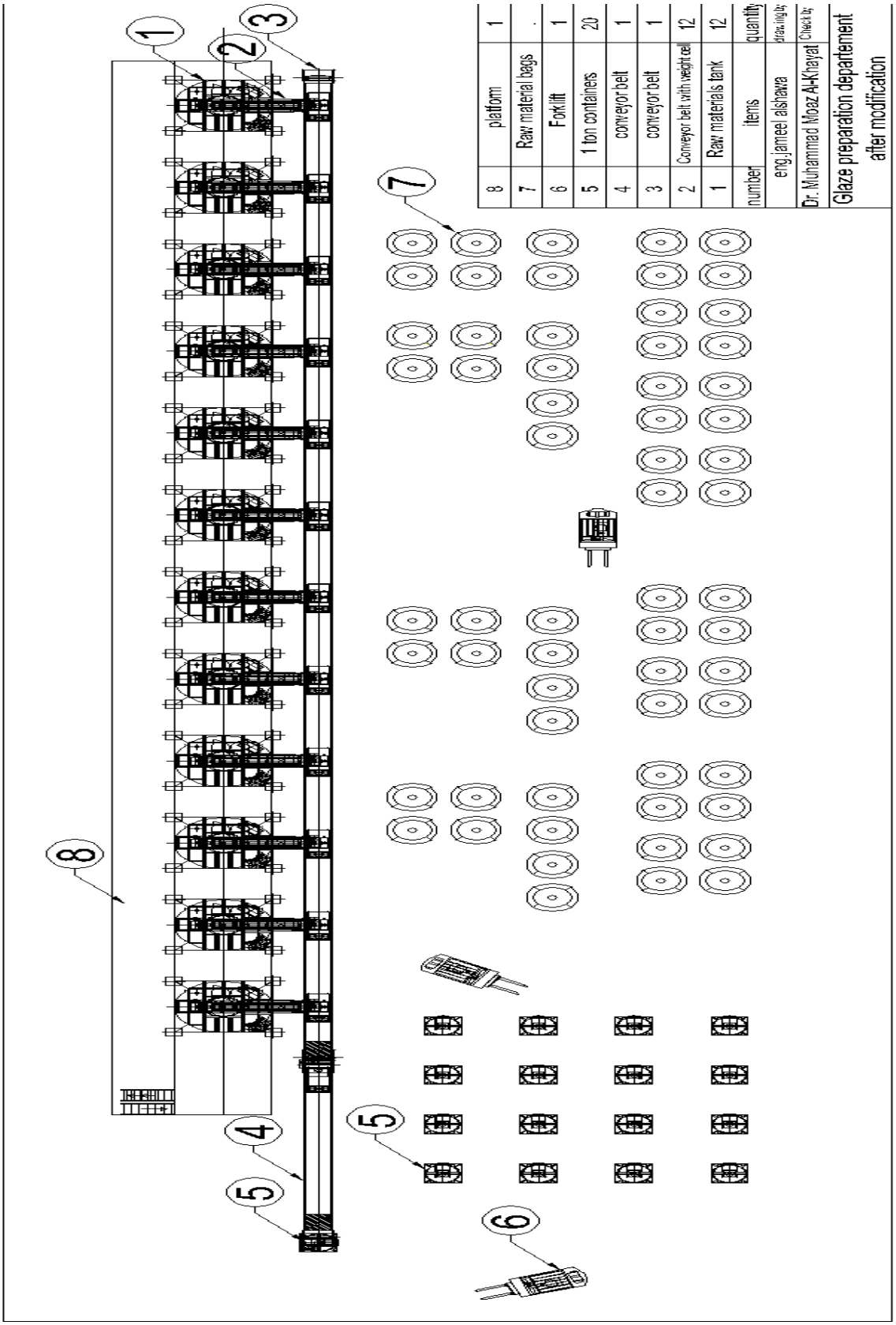
ويوجد لدينا بطبيعة الحال عمليات نقل مستمرة لهذه المواد من مستودع المواد الأولية إلى قسم تحضير الجليز، وعليه يوجد لدينا اقتراحين على الشكل التالي:

الاقتراح الأول:

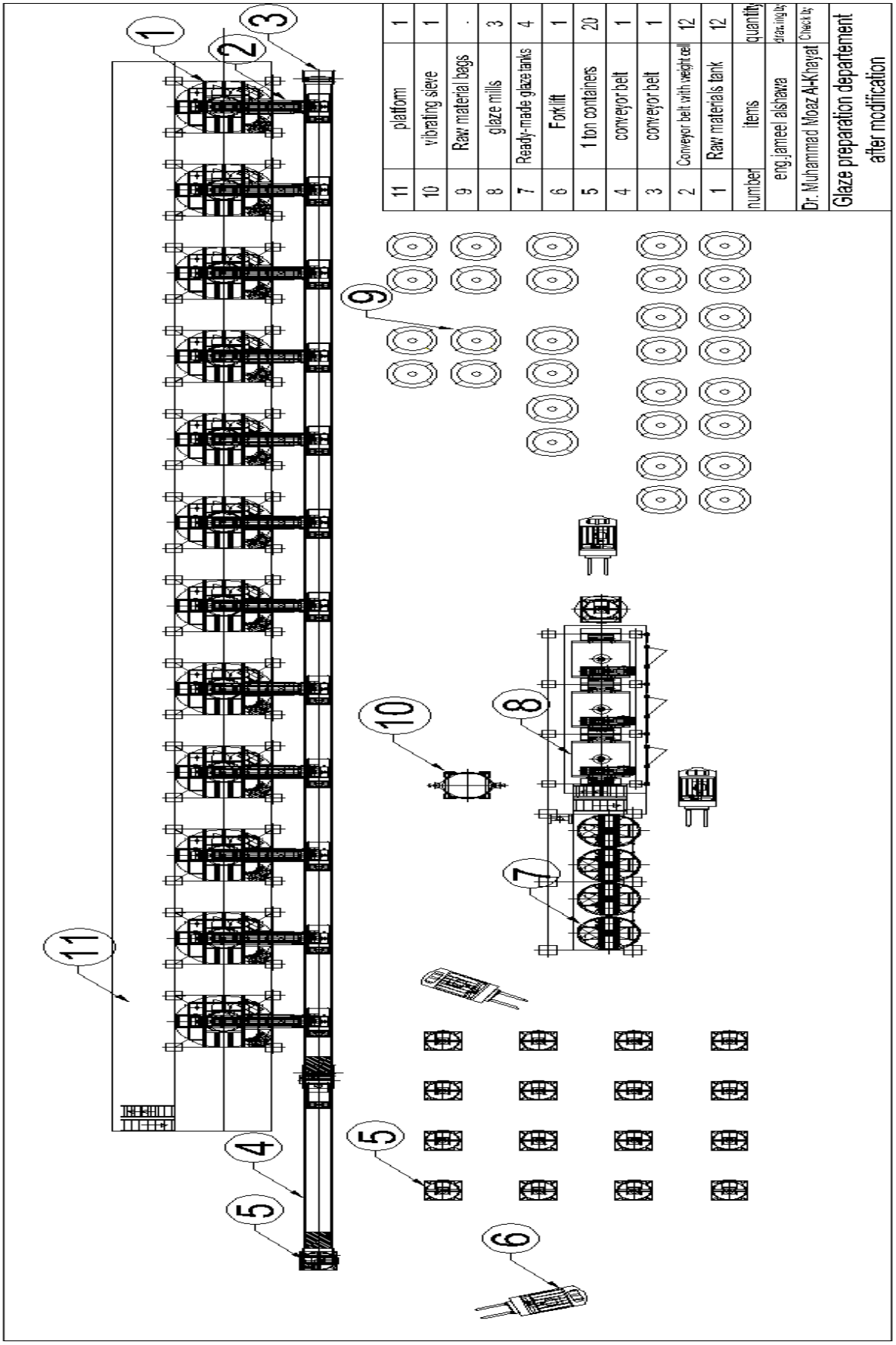
أن يتم إنشاء التعديل المقترح في المستودع المذكور كما في الشكل (3-12)، وتتم عملية الوزن والخلط لهذه المواد وفق التعديل المقترح وتعبئة الخلطات الجاهزة ضمن الحاويات المعدنية كما في الشكل (3-12) الجزء رقم (5) ويبقى المستودع المذكور كمكان مخصص لتخزين المواد الأولية وإجراء عمليات الخلط والوزن وتخزين الخلطات الجاهزة ومن ثم يتم نقل هذه الحاويات إلى قسم تحضير الجليز الموجود ضمن الصالة الإنتاجية عند الطلب ليتم طحنها وتخزينها ضمن خزانات حفظ الجليز الجاهز، ومن ثم نقلها إلى خطوط الطلاء عن طريق خزانات بواسطة رافعة شوكية.

الاقتراح الثاني:

أن يتم إنشاء التعديل المقترح في المستودع المذكور، كما في الشكل (3-13). وتتم عملية الوزن والخلط لهذه المواد وفق التعديل المقترح وتعبئة الخلطات الجاهزة ضمن الحاويات المعدنية كما في الشكل (3-13) الجزء رقم (5) ويبقى المستودع المذكور كمكان مخصص لتخزين المواد الأولية وإجراء عمليات الخلط والوزن وتخزين الخلطات الجاهزة ولكن يتم أيضاً نقل مطاحن الجليز الثلاثة وخزانات حفظ الجليز الجاهز إلى المكان المذكور ليصبح المستودع المذكور هو قسم تحضير جليز متكامل من حيث عملية تخزين المواد الأولية وخلطها ووزنها ومن ثم طحنها وبعدها يتم نقل مادة الجليز الجاهز إلى خطوط الطلاء عن طريق خزانات بواسطة رافعة شوكية.



الشكل (3 – 12) قسم الجليز بعد التعديل مع إبقاء مطاحن الجليز مكانها



الشكل (3 – 13) قسم الجليز بعد التعديل مع نقل مطاحن الجليز إلى القسم الجديد

3 – 5 بيانات مالية خاصة بإنتاج السيراميك وكلفة التعديل:

3 – 5 – 1 كلفة انتاج السيراميك وخلطة الجليز:

سوف نتناول أحد خلطات الجليز المعتمدة والتي يتم استخدامها في المعمل المدروس حيث أن الجدول (3–1) يوضّح المواد المستخدمة في خلطة الجليز مع النسب المعتمدة ويوضح تكلفة خليطة جليز بوزن 1 طن كما يلي:

القيم النقدية الواردة هي بواحدة (وحدة نقدية) وسوف يتم استبدال كلمة وحدة نقدية باختصار (و.ن).

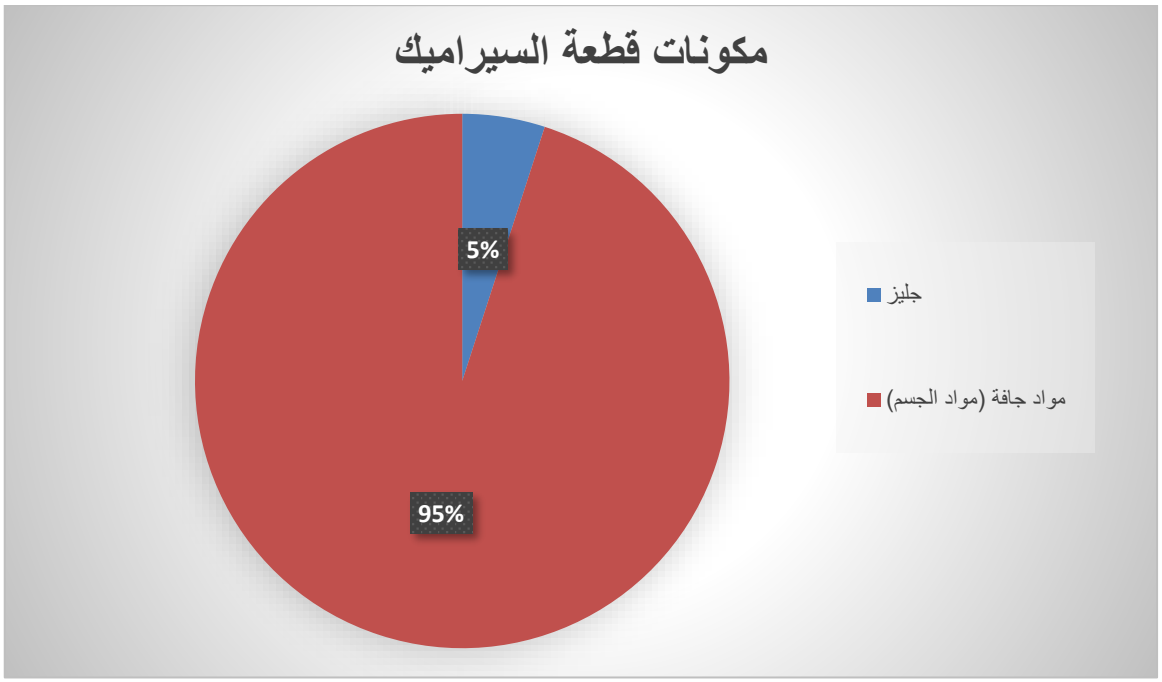
الجدول (3 – 1) تكلفة خليطة جليز بوزن 1 طن

#	المادة	النسبة	الوزن المطلوب لخليطة جليز وزن 1 طن	السعر للكيلو الغرام الواحد (و.ن)	السعر الإجمالي لكل مادة في الخليطة (و.ن)
1	ويلاستونايت WOLLASTONITE	%16	160	0.3	48
2	كاؤولين KAOLIN	%7	70	0.16	11.2
3	فلدسبار FELDSPAR	%20	200	0.2	40
4	أكسيد الزنك ZINC OXYDE	2.4 %	24	2.5	60
5	رمل كوارتز QUARTZ	4.6 %	46	7.5	345
6	فريت مت (MATT FMAE 8409 FRIT)	%20	200	0.35	70
7	فريت مت (MATT FMAE 8417 FRIT)	%15	150	0.35	52.5

8	فريت شفاف (TRANSPARENT FTAE 7440 FRIT)	%15	150	0.65	97.5
تكلفة خليطة جليز بوزن 1 طن					724.2

إن كلفة تحضير 1 طن من خلطة الجليز يساوي إلى 724.2 (و.ن)

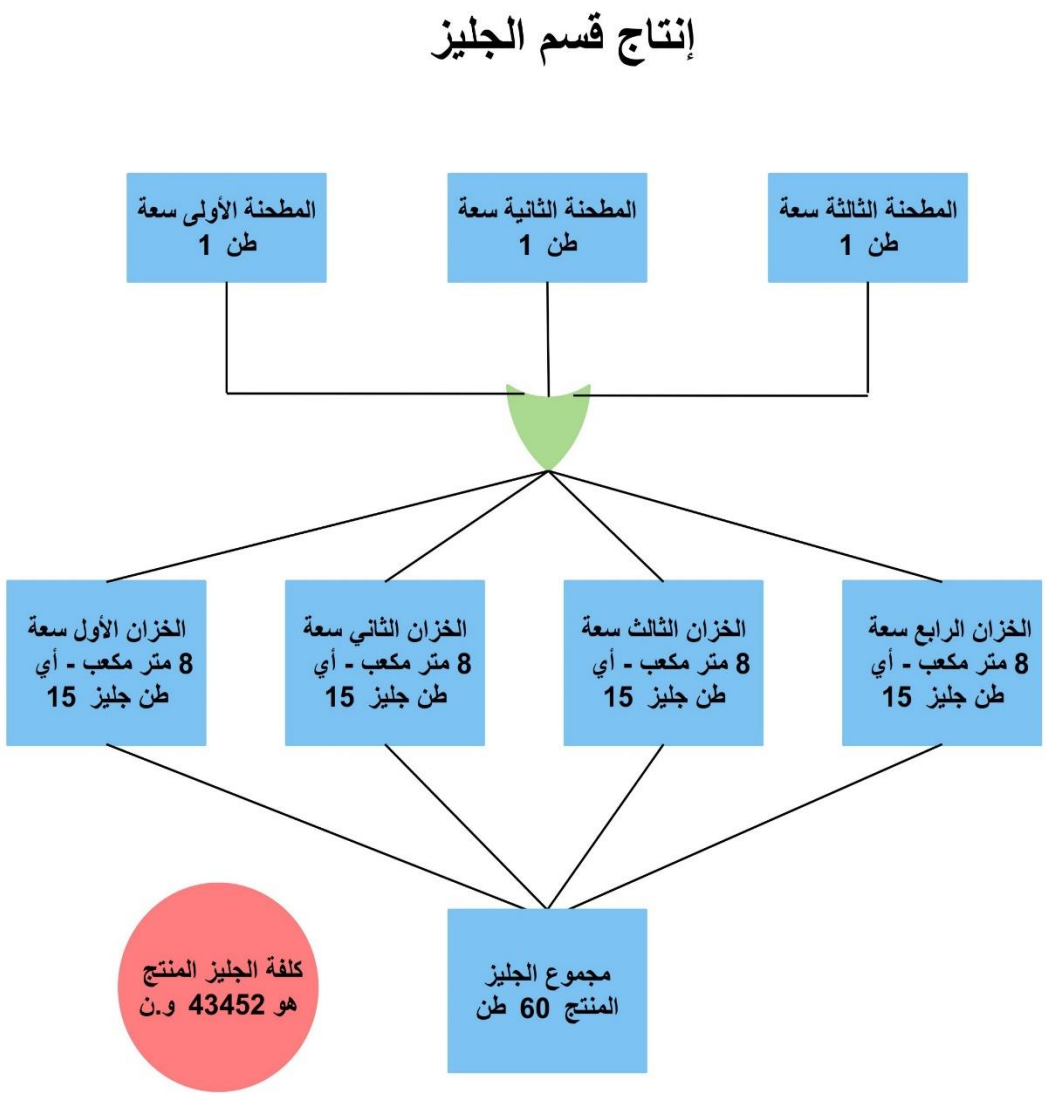
إن نسبة مادة الجليز تمثل 5% من وزن البلاطة، ومواد الجسم تمثل 95% من وزن البلاطة، كما هو موضح في الشكل (3–14). أي أن خليط جليز بوزن 1 طن يقوم بتغطية بلاط بوزن جاف مقداره 20 طن.



الشكل (3 – 14) نسبة مادة الجليز في قطعة السيراميك الواحدة One Tile

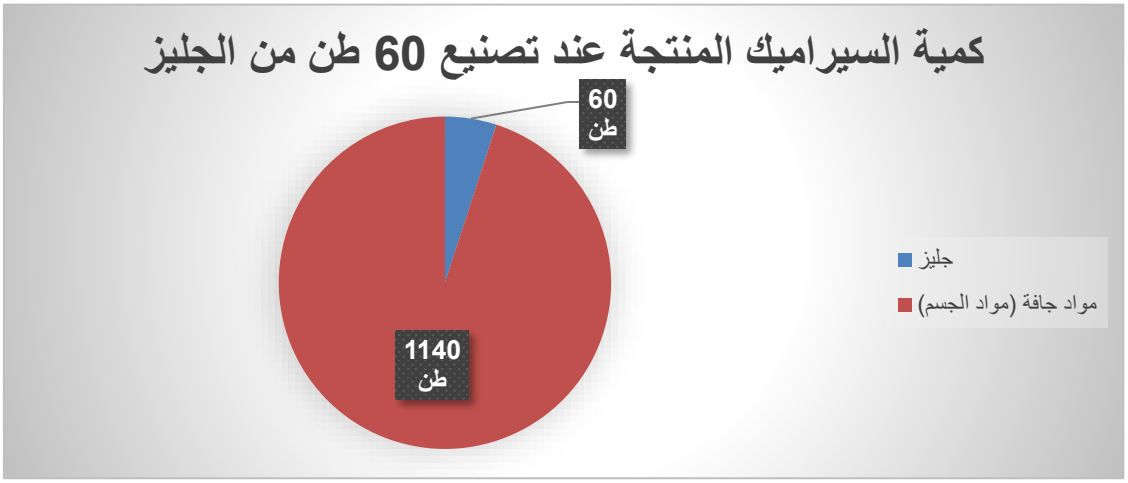
إن إنتاجية قسم تحضير الجليز الموجود ضمن المعمل المدروس هو 60 طن من الجليز خلال كل دورة عمل والبالغة 24 ساعة كما هو موضح بالشكل (3–15) حيث يتم تجهيز الكمية المذكورة خلال 20 ساعة عمل ويتبقى 4 ساعات من أجل أعمال التنظيف للقسم، ويتم العمل على تعبئة أربعة خزانات سعة كل خزان هو 15 طن من مادة الجليز، ويتم تجهيز هذه الكمية من أجل ضمان استمرار عمل

خطوط الطلاء وبالتالي ضمان تعبئة العربات الموجودة على مخارج هذه الخطوط، وكل ذلك من أجل ضمان استمرار عمل الأفران وعدم حدوث فجوات ضمن الأفران حيث أنه يجب أن يبقى البلاط مستمر داخل الفرن من أجل استقرار الحرارة والضغط ضمنه، وإن كلفة تصنيع 60 طن من مادة الجليز هو 43452 وحدة نقدية.



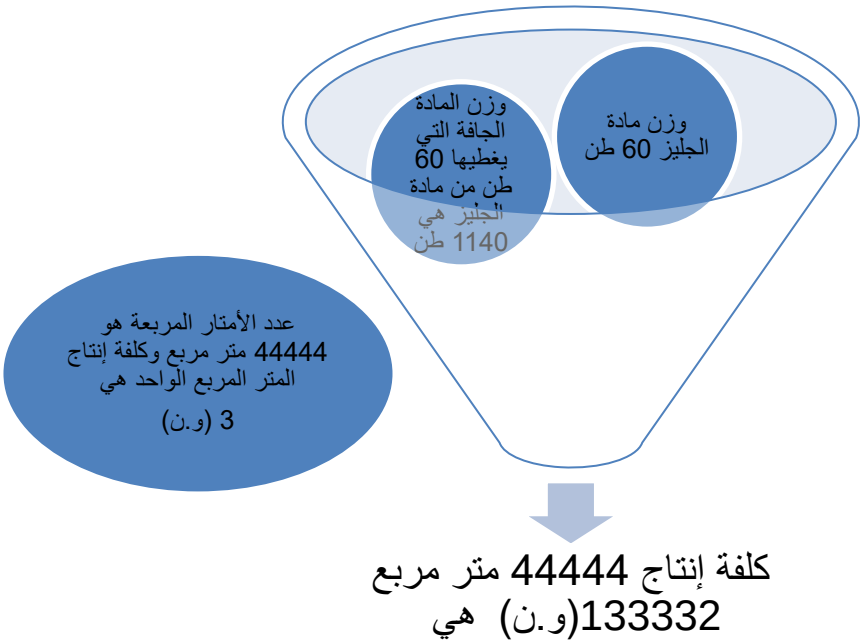
الشكل (3 – 15) كمية الجليز المنتجة في القسم المدروس وكلفتها

وكما ذكر سابقاً فإن بلاطة السيراميك تحتوي على 5% من مادة الجليز و95% من مواد الجسم وبالتالي فإن وزن 60 طن من مادة الجليز قادر على تغطية 1140 طن من مواد الجسم، كما هو موضح بالشكل (3–16). وإن وزن المتر المربع من بلاط السيراميك هو 27 كيلو غرام وبالتالي فإن كمية بلاط السيراميك المنتجة خلال 24 ساعة عمل هي 44444 متر مربع من بلاط السيراميك.



الشكل (3 – 16) كمية السيراميك المنتجة عند تصنيع 60 طن من الجليز

إن كلفة إنتاج المتر المربع الواحد من بلاط السيراميك يساوي إلى 3 (و.ن) وبالتالي فإن كلفة إنتاج كمية 44444 متر مربع من بلاط السيراميك هي 133332 (و.ن) كما هو مبين بالشكل (3–17).



الشكل (3 – 17) كمية وكلفة السيراميك المنتجة عند تصنيع 60 طن من الجليز

3 – 5 – 2 كلفة التعديل على قسم تحضير الجليز:

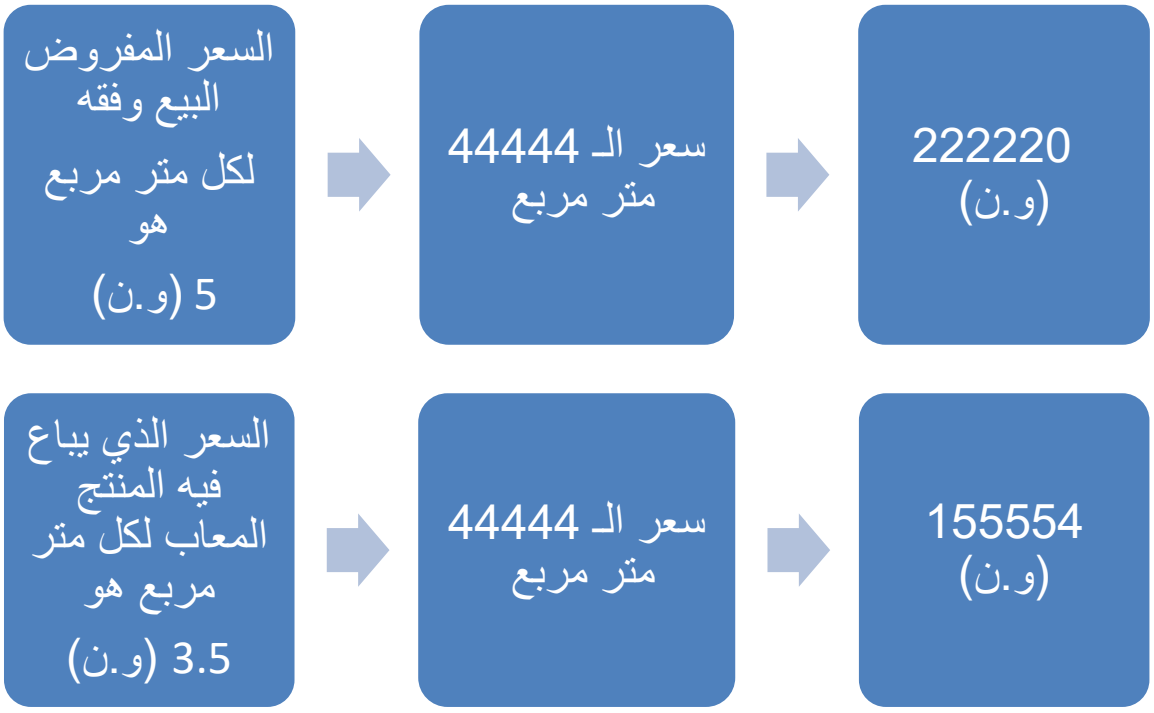
إن الكلفة الإجمالية لتعديل قسم تحضير الجليز مبينة في الجدول (3–2) والتي تبلغ 113640 (و.ن)

الجدول (3 – 2) كلفة التعديل على قسم تحضير الجليز

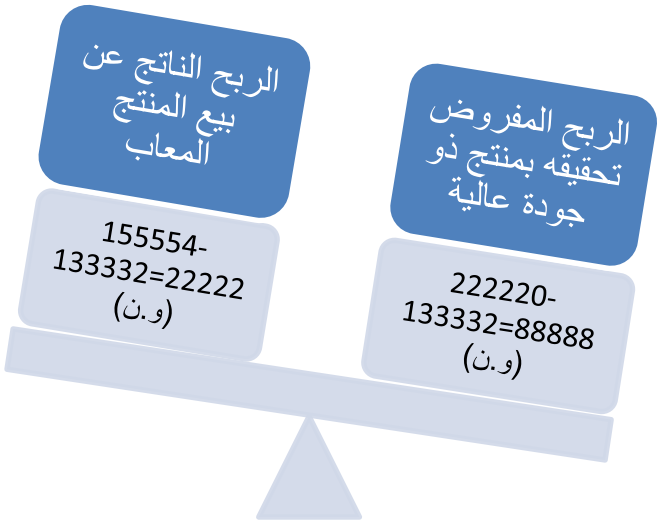
المادة	السعر الإفرادي (و.ن)	العدد المطلوب	السعر الإجمالي (و.ن)
خزان الكروم سعة 2 متر مكعب	350	12	4200
المنصة الحاملة لخزانات الكروم	20000	1	20000
الرافعة الجسرية	1500	1	1500
جهاز الرجاج المراد تركيبه على مخرج الخزان	220	12	2640
السيور الناقلة المزودة بخلية وزن	1350	12	16200
السيور الناقلة العادية	7750	1	7750
السيور الناقلة العادية	750	1	750
عداد تدفق الكتروني	600	1	600
حاويات بسعة 1 طن	100	20	200
المنصة الحاوية للخزانات	48000	1	48000
تكاليف تنفيذ التعديل	10000	1	10000
المجموع الإجمالي			113640

كما ذكر سابقاً فإن تكلفة إنتاج متر مربع واحد من بلاط السيراميك هي 3 (و.ن)، وكلفة إنتاج كمية 44444 متر مربع من بلاط السيراميك هو 133332 (و.ن). وإن سعر مبيع منتج بلاط السيراميك ذو الجودة العالية هو 5 (و.ن) للمتر المربع الواحد، وسعر مبيع منتج بلاط السيراميك ذو الجودة المنخفضة أو الحاوي على عيوب ظاهرة على طبقته السطحية (طبقة الجليز) هو 3.5 (و.ن) لكل متر مربع.

وبالتالي سعر مبيع الكمية المذكورة في حال كانت بمواصفات عالية هو 2222220 (و.ن) وسعر مبيع ذات الكمية في حال كانت الجودة منخفضة هو 155554 (و.ن)، كما هو مبين بالشكل (3-18). وبالتالي وبعد خصم كلفة الإنتاج والبالغة 133332 (و.ن)، كما في الشكل (3-19). يكون الربح في حال كان المنتج بمواصفات عالية هو 88888 (و.ن)، بينما الربح في حال كان المنتج بجودة منخفضة هو 22222 (و.ن).



الشكل (3 – 18) الفرق بين مبيع المنتج المحقق للجودة المطلوبة والمنتج المعاب

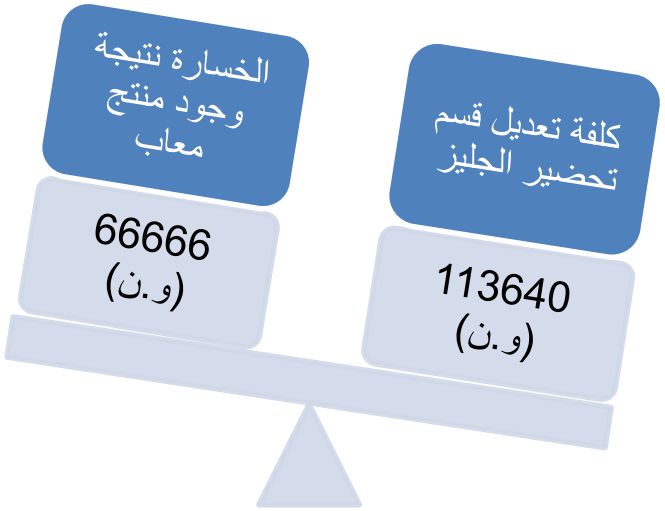


الشكل (3 – 19) الفرق بين الأرباح بالنسبة للمنتج المحقق للجودة المطلوبة والمنتج المعاب

وبطرح الربح الناتج من بيع المنتج ذو المواصفات المنخفضة من الربح الناتج من بيع المنتج ذو المواصفات العالية، كما في الشكل (3–20). فإننا أمام انخفاض بالأرباح بمقدار 66666 (و.ن) وهذه الخسارة تتكرر لدينا في كل مرة نحصل فيها على خليط جليز بمواصفات منخفضة تؤدي إلى ظهور عيوب على الطبقة السطحية للبلاط وتحول هذا البلاط إلى أخر مستوى نخب.

الشكل (3 – 20) نقصان الربح نتيجة الحصول على منتجات معيبة

وكما ذكر سابقاً إن كلفة تعديل قسم تحضير الجليز هي 113640 (و.ن) وهي تقريباً ضعف الخسارة في الأرباح التي تحصل نتيجة أخطاء في عمل قسم تحضير الجليز، كما في الشكل (3-21). وهذا التعديل المقترح سيتم لمرة واحدة فقط. بينما الحصول على خليط جليز ذو جودة منخفضة وفق آلية العمل الموجود حالياً فهي حتماً ستتكرر.



الشكل (3 – 21) الفرق بين خسارة الأرباح وتكلفة تعديل قسم تحضير الجليز

النتائج:

يمكن تلخيص النتائج التي توصّلنا إليها بالنقاط التالية:

1. إن العيوب التي تحدث وتؤثر في جودة المنتج بسبب خطأ بعمل قسم تحضير الجليز تؤثر بشكل كبير على شكل المنتج النهائي له وخاصة في الطبقة السطحية الظاهرة منه، بينما العيوب الأخرى التي قد تحدث نتيجة أخطاء عمل الأقسام الأخرى لا تظهر على سطح بلاطة السيراميك.
2. إن حدوث عيب بطبقة الجليز السطحية سوف يُحوّل نخب المنتج من نخبٍ أول إلى نخبٍ رابع أو أسوء، بينما هذا الشيء قد لا يحدث من جرّاء العيوب التي قد تظهر خلال عملية الإنتاج في الأقسام الأخرى.
3. إن المشاكل التي قد تحدث عند تصنيع السيراميك لكل قسم من أقسام خط الإنتاج يكون سببها هو أحد العمليات التشغيلية ضمن القسم الذي ظهر فيه العيب أو بالقسم الذي يسبقه، ويمكن معالجة ذلك من خلال ضبط العملية الإنتاجية أو تصحيح بارامترات التشغيل الخاصة بعمل تلك الأقسام (مثل: التوزع الحبيبي للبودرة – نسبة الرطوبة للبودرة – ضغط المكبس – درجة حرارة الشوي – درجة حرارة التبريد ..... الخ).
4. إن السبب الرئيسي للمشاكل التي تظهر على سطح بلاطة السيراميك في قسم تحضير الجليز الموجود ضمن المعمل المدروس هو عدم وجود آلية ضبط صحيحة ودقيقة لتعبئة وخلط ووزن المواد الداخلة بتركيب خليط الجليز والأنغوب.

لذا تكون عملية تحسين جودة منتج الجليز عن طريق تحسين عملية تحضير الجليز (آلية الوزن والخلط)، أي تطوير قسم تحضير الجليز في المعمل المدروس وفق التعديل المُقترح في هذا البحث سوف يؤدي إلى عملية وزن وعملية خلط أكثر دقة، وبالتالي ضمان لجودة مخرجات قسم تحضير الجليز والتخلص من المشاكل التي يكون سببها قسم تحضير الجليز، وبالتالي حصر وتمييز العيوب الخاصة بباقي الأقسام والتي تكون بالأغلب معالجة أسبابها هي أسهل.

5. عند تحضير الجليز ذو الجودة المنخفضة سوف تقل قيمة الأرباح بمقدار 67 ألف (و.ن) لكل دورة إنتاج لقسم تحضير الجليز بينما تكلفة تعديل قسم تحضير الجليز هي 114 ألف (و.ن) تقريباً وهي لمرة واحدة فقط.

6. وجميع ما تم ذكره بخصوص تعديل قسم تحضير الجليز، يمكن أن ينطبق على مادة الأنغوب (المادة التي توضع على سطح بلاطة السيراميك قبل تطبيق بطانة الجليز) لأنها تحضر بنفس الأسلوب تماماً وبذات القسم ولكن يوجد مطاحن خاصة لطحن الأنغوب وخزانات حفظ خاصة لمادة الأنغوب.

التوصيات والمقترحات:

1. متابعة التطورات والمستجدات في المواد الأساسية المكّونة لبلاطة السيراميك، فهناك الجديد دائماً في هذا المجال.
2. العمل على مكننة أو أتمتة الأعمال اليدوية الأخرى الموجودة في أقسام خط الإنتاج المختلفة، فهذا يحسن من جودة العمل ويقلل من الهدر.
3. يجب العمل على تطوير مهارات العمال على مختلف اختصاصاتهم وسوياتهم العلمية، وذلك من خلال الدورات التدريبية المختلفة في مكان العمل، فهذا سينعكس إيجاباً على مخرجات العمل وسيقلل من شرائح الهدر المختلفة.
4. الاهتمام بموضوع الصيانة وتطبيق نظام صيانة فعال وحديث ومتطور (صيانة وقائية – صيانة CBM شرطية) على عناصر خط الإنتاج والذي من شأنه تحسين أداء عمل كافة الآلات والأقسام.

المراجع العربية

1– موقع سيراميك الرياض (د.ت) المواد الداخلة في صناعة السيراميك تم استرجاعها بتاريخ 11 تشرين الأول، 2019 من https://articles.riyadhceramics.com/ceramics/

2– ناجي، سارة (25 آب 2016) كيف تتم صناعة السيراميك؟ تم استرجاعها بتاريخ 12 تشرين الأول، 2019 من https://www.almrsal.com/post/374514

3– يونس، ليلى (29 شباط 2016) صناعة السيراميك تم استرجاعها بتاريخ 3 حزيران، 2019 من https://mawdoo3.com/%D8%B5%D9%86%D8%A7%D8%B9%D8%A9_%D8%A7%D9%84%D8%B3%D9%8A%D8%B1%D8%A7%D9%85%D9%8A%D9%83

4- موقع الهندسة المدنية (د.ت.) صناعة السيراميك تم استرجاعها بتاريخ 15 أب، 2019 من sites.google.com/site/handasa003/home/snate-alsramyk

5- كوخ، ريتشارد (1999) قاعدة 80/20، قانون باريتو في خلاصات كتب المدير ورجال الأعمال (ج.3 ص ص1-9) القاهرة: الشركة العربية للإعلام العلمي (شعاع)

6- الجندي، عبد المجيد (2 أب 2018) خلايا التحميل تم استرجاعها بتاريخ 21 أيلول، 2020 من http://www.inst-sim.com/1/pressure/load-cells/

7- قحطان، غانم (10 نيسان 2020) ما هو حساس الوزن؟ تم استرجاعها بتاريخ 20 أيلول، 2020 من https://electronics-go.com/2020/04/10/what-is-a-load-cell/

15 – المواصفة القياسية السورية 2009/3450 /ICS:91.100.25

English Resources

8 - BATCHING AND WEIGHING PLANTS (2015) SACMI IMOLA S.C. company URL www.sacmi.com

9 - ceramic research company (2017) Production Process of Ceramic Tiles. Retrieved August 15, 2019 from http://www.ceramic research.my/articles_03.html

10 - Barry Carter C, Grant Norton M. Ceramic Materials, Science and Engineering (2013). New York, NY: Springer.

11 - David E. clark, Diane c. Folz, Thomas D. Mcgee, Editors. An introduction to ceramic engineering design (n.d) The American Ceramic Society ,735 Ceramic Place.

12 - Applied Ceramic Technology Volume I (2002) SACMI IMOLA S.C. company URL www.sacmi.com

13 - Rahaman MN. Ceramic Processing. (2017) Taylor & Francis Group.

14 - Applied Ceramic Technology Volume II (2002) SACMI IMOLA S.C.

company URL www.sacmi.com

Syrian Arab Republic

Damascus University

Faculty of Mechanical & Electrical Engineering

Department of Mechanical Design Engineering

Improving Product's Quality of Syrian Ceramics Factories – (Case Study: Zanobia Factory)

A dissertation submitted in partial fulfillment of the requirements for the degree of Master in industrial engineering

By

Eng. Jameel Mohamed Samir alshawa

Supervisor

Dr. Eng. Mohamed Moaz Al-Khayyat

2021