

احمد شوقي

انتاج زجاج الرماد
وتطبيقاته على
الاطيان العراقية

العلوم كيمياء -- الماجستير -- ٢٠٠٢

شكر وتقدير

أقدم بخالص الشكر والتقدير الى أساتذتي الافاضل الذين ساعدوني على اتمام هذا البحث و اخص بالذكر أستاذي الدكتور احمد هاشم الهنداوي وأستاذي الدكتور مازن يوسف تمرأغا الذين لم يبخلوا علي بوقت أو جهد في ما ابدياه من توجيهات وارشادات قومت البحث اذ كان لهما الفضل الكبير في اكمال الرسالة .
شكري وتقديري الى منتسبي فرع الفخار في كلية الفنون الجميلة - جامعة بغداد والى رئيس الفرع . كما اود ان اتقدم بشكري الى الدكتور عباس نور الشريفي. كلية العلوم -جامعة بابل . والى منتسبي الشركة العامة للمسح الجيولوجي والتعدين والى منتسبي قسم علم الارض- كلية العلوم - جامعة بغداد.

والى كل من مد يد العون وشارك في انجاز هذا البحث .

الباحث

فهرسة المحتويات

الرقم	الموضوع	الصفحة
	الاهداء	
	شكر و تقدير	
a	ملخص البحث	
	المحتويات	
١-	فهرسة المحتويات	g - b
٢-	فهرست الاشكال	i - h
٣-	فهرست الجداول	m - j
١-	الفصل الاول	٣-١
١-١	مشكلة البحث	١
٢-١	اهمية البحث	٣
٣-١	اهداف البحث	٣
٤-١	حدود البحث	٣
٢-	الفصل الثاني	٣٥-٤

٤	الاطار النظري	١-٢
٤	المرجعيات التاريخية	١-١-٢
٥	بنية الزجاج	٢-١-٢
٩	المواد الاولية التي يتكون منها الزجاج	٣-١-٢
٩	الاكاسيد الحامضية	١-٣-١-٢
١٠	الاكاسيد القاعدية (معدلات الشبك)	٢-٣-١-٢
١٠	A- القلويات	
١٠	١- اوكسيد الصوديوم	
١١	٢- اوكسيد البوتاسيوم	
١١	B- القلويات الترابية	
١١	١- اوكسيد الكالسيوم	
١١	٢- اوكسيد المغنيسيوم	
	الموضوع	الرقم
١٢	٣- اوكسيد الباريوم	
١٢	الاكاسيد الامفورتيرية	٣-٣-١-٢
١٣	اوكسيد الحديد	٤-١-٢
١٣	تصنيف الزجاج	٥-١-٢
١٤	١- الزجاج واطى الحرارة	
١٤	٢- الزجاج عالي الحرارة	
١٤	٣- زجاج البورسلين	
١٥	زجاج الرماد	٦-١-٢
١٦	الانصهارية	٧-١-٢
٢١	الشد السطحي	٨-١-٢
٢٣	الكاولين	٩-١-٢
٢٤	تربة العراق الزراعية (الرسوبية)	١٠-١-٢
٢٥	خواص الترب المتأثرة بالملوحة في وسط العراق و جنوبه	١١-١-٢
٢٥	١- قوام التربة	
٢٥	٢- كاربونات الكالسيوم	
٢٦	تغذية النبات	١٢-١-٢
٢٧	العناصر الكبرى	١-١٢-١-٢
٢٧	١- البوتاسيوم	
٢٨	٢- الكالسيوم	
٢٩	٣- المغنيسيوم	
٢٩	العناصر الصغرى	٢-١٢-١-٢
٢٩	١- الحديد	
٣٠	العناصر الاثرية	٣-١٢-١-٢
٣٠	١- الصوديوم	
٣١	٢- السليكون	
٣١	٣- الالمنيوم	
٣١	الدراسات السابقة	٢-٢
٣١	دراسة وسيج	١-٢-٢
٣٣	دراسة المشايخي	٢-٢-٢
	الموضوع	الرقم
٣٤	دراسة الهنداوي	٣-٢-٢
٥١-٣٦	الفصل الثالث (اجراءات البحث)	٣-
٣٦	المنهج المستخدم	١-٣

٣٦	اختيار العينات	٢-٣
٣٦	اختيار العينات النباتية	٣-٣
٣٦	١- نباتات برية	
٣٧	٢- مخلفات نباتات	
٣٧	٣- اغصان نباتات صلبة	
٣٧	تهيئة المواد النباتية	٤-٣
٣٩	حرق النباتات	٥-٣
٣٩	تهيئة المواد	٦-٣
٣٩	الطينة	١-٦-٣
٣٩	تحضير الكروك	٢-٦-٣
٣٩	تهيئة النماذج	٣-٦-٣
٤٠	تشكيل النماذج	٤-٦-٣
٤٠	تجفيف النماذج	٥-٦-٣
٤٠	الخواص الفيزيائية للنماذج الفخارية	٧-٣
٤٠	الانكماش (التقلص الطولي)	١-٧-٣
٤١	الامتصاص	٢-٧-٣
٤٢	المسامية الظاهرية	٣-٧-٣
٤٢	الكثافة الحجمية	٤-٧-٣
٤٣	التحلل الكيميائي للرماد	٨-٣
٤٤	حساب الفقدان بالحرارة	٩-٣
٤٤	حساب القانون النسبي (وحدة الصيغة)	١٠-٣
٤٤	تهيئة الرماد	١١-٣
٤٥	كثافة مستحلبات الرماد	١٢-٣
٤٥	تطبيق الزجاج	١٣-٣
٤٥	برنامج الحرق لنماذج الزجاج	١٤-٣
٤٦	اجراءات المقارنة	١٥-٣
	الموضوع	الرقم
٤٦	زجاج الرماد المغسول	١-١٥-٣
٤٦	التطبيق على الطينة مباشرة	٢-١٥-٣
٤٦	الحرق بتثبيت درجة الحرارة	٣-١٥-٣
٤٧	الفحوصات التي اجريت على الزجاج	١٦-٣
٤٧	الطبيعة النسيجية للزجاج	١-١٦-٣
٤٧	فحص مقاومة الخدش	٢-١٦-٣
٤٧	مقاومة الزجاج للسوائل الكيميائية	٣-١٦-٣
٤٨	الذوبانية	١٧-٣
٤٩	المواد الذائبة	١٨-٣
٤٩	حساب معامل الشد السطحي	١٩-٣
٤٩	حساب كثافة الزجاج المحروق	٢٠-٣
٥٠	تقييم نتائج الزجاج	٢١-٣
١٦٦-٥٢	الفصل الرابع	-٤
٥٢	١- النتائج	
٥٢	نتائج التحليل الكيماوي	١-٤
٥٣	نتائج الخواص الفيزيائية للنماذج الفخارية	٢-٤
٥٣	التقلص الطولي للجسم الطيني و الفخاري	١-٢-٤
٥٤	فحوصات الامتصاص و المسامية الظاهرية و الكثافة الحجمية للجسم الفخاري	٢-٢-٤

٥٤	نتائج القانون النسبي (وحدة الصيغة)	٣-٤
٥٨	كثافة مستحلب الزجاج	٤-٤
٥٩	نتائج الفحوصات التي اجريت على الزجاج	٥-٤
٥٩	الفحص الميكروسكوبي	١-٥-٤
٧٣	نتائج فحص صلادة السطح	٢-٥-٤
٧٤	نتائج فحص مقاومة الزجاج للسوائل الكيميائية	٣-٥-٤
٧٦	نتائج الذوبان في الماء	٦-٤
٧٧	نتائج كمية المواد الذائبة- الممتصة من قبل الجسم الفخاري	٧-٤
٧٨	نتائج حساب الشد السطحي	٨-٤
٧٩	نتائج كثافة الزجاج المحروق	٩-٤
الصفحة	الموضوع	الرقم
٨٠	تقييم نتائج الزجاج	١٠-٤
٨٠	نتائج الشفافية والعتمة في درجة حرارة ١٢٥٠م، ١٢٥٠م°	١-١٠-٤
٨٢	نتائج الملمس	٢-١٠-٤
٨٢	نتائج الانصهارية	٣-١٠-٤
٩٢	نتائج التحليل اللوني للنماذج في درجة حرارة ١٢٠٠ م°	٤-١٠-٤
١٢٠	نتائج اجراءات المقارنة	١١-٤
١٢٠	نتائج قيم الشفافية والعتمة	١-١١-٤
١٢٦	نتائج قيم الملمس	٢-١١-٤
١٣٢	نتائج قيم الانصهارية	٣-١١-٤
	مناقشة النتائج	
١٣٩	مناقشة نتائج التحليل الكيميائي	١٢-٤
١٤٣	حساب وحدة الصيغة	١٣-٤
١٤٦	الشد السطحي	١٤-٤
١٤٦	كثافة الزجاج	١٥-٤
١٤٧	مناقشة كثافة مستحلبات الرمامد وكميات الماء المضافة	١٦-٤
١٤٧	مناقشة الذوبانية	١٧-٤
١٤٨	مقاومة المواد الكيميائية	١٧-٤
١٤٩	فحص الصلادة	١٨-٤
١٤٩	نتائج اللون	١٩-٤
١٥٢	نتائج الشفافية	٢٠-٤
١٥٣	نتائج الملمس	٢١-٤
١٥٤	نتائج الانصهارية	٢٢-٤
١٥٧	اجراءات المقارنة	٢٣-٤
١٥٧	زجاج الرمامد المطبق على الجسم الطيني	١-٢٣-٤
١٥٨	الحرق بأسلوب تثبيت درجة الحرارة في درجة النضج النهائي (Soaking)	٢-٢٣-٤
١٥٩	مناقشة زجاج الرمامد المغسول	٣-٢٣-٤
	الفصل الخامس	-٥
١٦١	الاستنتاجات	-٥
١٦٣	التوصيات والمقترحات	٦
الصفحة	الموضوع	الرقم
١٦٦-١٦٤	المصادر	٣-٥
	١- العربية	
	٢- الاجنبية	

فهرسة الجداول

الرقم	عنوان الجدول	الصفحة
١-٢	العلاقة بين المجاميع المكونة للزجاج حسب قاعدة سيكر	٨
٢-٢	الأكاسيد المكونة للزجاج في علاقتها باللزوجة و الشد السطحي	٢٢
٣-٢	ثوابت معامل الشد السطحي للمواد في درجة حرارة ٩٠٠ م داين/سم ^٢ للنسب المئوية لتركيب الزجاج .	٢٣
٤-٢	التحليل الكيمياوي لكاولين (دويخله) المحروق و غير المحروق	٢٤
٥-٢	الرمز الكيمياوي و الصيغة الايونية للعناصر الاساسية التي تمتصها جذور النباتات	٢٧
٦-٢	نتائج الفحوصات الفيزياوية لطينة كاؤولين (دويخله)	٣٢
٧-٢	نتائج مقياس التقلص الطولي لطينة كاؤولين (دويخله)	٣٢
٨-٢	ادخال المواد المعتمدة على وصفة الزجاج	٣٤
١-٣	الأكاسيد التي تم تحليلها في نماذج الرماد	٤٣
٢-٣	برنامج الحرق لنماذج الزجاج	٤٥
٣-٣	مقياس قيمة تاكل الزجاج بواسطة المواد الكيمياوية	٤٨
٤-٣	ثوابت الكثافة للاكاسيد	٥٠
١-٤	نتائج التحليل الكيمياوي	٥٢
٢-٤	النسب المئوية للرماد بعد طرح المفقود	٥٣
٣-٤	نسبة التقلص بعد الجفاف و الحرق	٥٣
٤-٤	فحوصات الجسم الطيني و الفخاري	٥٤
٥-٤	القوانين النسبية (وحدة الصيغة) في ضوء نتائج التحليل الكيمياوي	٥٨
٦-٤	كثافة مستحلب الرماد	٥٨
٧-٤	الفحص الميكروسكوبي ١٢٠٠ م °	٥٩
٨-٤	الفحص الميكروسكوبي ١٢٥٠ م °	٦١
٩-٤	نتائج قياس صلادة السطح بحسب مقياس (Moh scale)	٧٣
١٠-٤	فحص المواد الكيمياوية (الحوامض)	٧٤
١١-٤	الذوبان في الماء	٧٦
١٢-٤	كمية المواد الذائبة الممتصة من قبل الجسم الفخاري	٧٧
١٣-٤	قيمة الشد السطحي داين / سم ^٢ لنماذج عينة البحث	٧٨
١٤-٤	كثافة الزجاج المحروق	٧٩
١٥-٤	نتائج الشفافية في درجة حرارة ١٢٠٠ م °	٨٠
١٦-٤	قيم الشفافية بدرجة حرارة ١٢٥٠ م °	٨١
١٧-٤	نتائج الانصهارية	٨٢
١٨-٤	قياس قيم الملمس في درجة حرارة ١٢٠٠ م °	٨٣
١٩-٤	قياس قيم الملمس في ١٢٥٠ م °	٨٤
٢٠-٤	التحليل اللوني للنموذج رقم (٢) في درجة حرارة ١٢٠٠ م °	٩٣
٢١-٤	التحليل اللوني للنموذج رقم (٣) في درجة حرارة ١٢٠٠ م °	٩٤
٢٢-٤	التحليل اللوني للنموذج رقم (٤) في درجة حرارة ١٢٠٠ م °	٩٥
٢٣-٤	التحليل اللوني للنموذج رقم (٦) في درجة حرارة ١٢٠٠ م °	٩٦
٢٤-٤	التحليل اللوني للنموذج رقم (٧) في درجة حرارة ١٢٠٠ م °	٩٧
٢٥-٤	التحليل اللوني للنموذج رقم (١٠) في درجة حرارة ١٢٠٠ م °	٩٨
٢٦-٤	التحليل اللوني للنموذج رقم (١١) في درجة حرارة ١٢٠٠ م °	٩٩
٢٧-٤	التحليل اللوني للنموذج رقم (١٢) في درجة حرارة ١٢٠٠ م °	١٠٠
٢٨-٤	التحليل اللوني للنموذج رقم (١٣) في درجة حرارة ١٢٠٠ م °	١٠١
٢٩-٤	التحليل اللوني للنموذج رقم (١٤) في درجة حرارة ١٢٠٠ م °	١٠٢
٣٠-٤	التحليل اللوني للنموذج رقم (١٥) في درجة حرارة ١٢٠٠ م °	١٠٣

١٠٥	التحليل اللوني للنموذج رقم (١) في درجة حرارة ١٢٥٠ م°	٣١-٤
١٠٦	التحليل اللوني للنموذج رقم (٢) في درجة حرارة ١٢٥٠ م°	٣٢-٤
١٠٧	التحليل اللوني للنموذج رقم (٣) في درجة حرارة ١٢٥٠ م°	٣٣-٤
١٠٨	التحليل اللوني للنموذج رقم (٤) في درجة حرارة ١٢٥٠ م°	٣٤-٤
١٠٩	التحليل اللوني للنموذج رقم (٥) في درجة حرارة ١٢٥٠ م°	٣٥-٤
١١٠	التحليل اللوني للنموذج رقم (٦) في درجة حرارة ١٢٥٠ م°	٣٦-٤
١١١	التحليل اللوني للنموذج رقم (٧) في درجة حرارة ١٢٥٠ م°	٣٧-٤
١١٢	التحليل اللوني للنموذج رقم (٨) في درجة حرارة ١٢٥٠ م°	٣٨-٤
١١٣	التحليل اللوني للنموذج رقم (٩) في درجة حرارة ١٢٥٠ م°	٣٩-٤
١١٤	التحليل اللوني للنموذج رقم (١٠) في درجة حرارة ١٢٥٠ م°	٤٠-٤
١١٥	التحليل اللوني للنموذج رقم (١١) في درجة حرارة ١٢٥٠ م°	٤١-٤
١١٦	التحليل اللوني للنموذج رقم (١٢) في درجة حرارة ١٢٥٠ م°	٤٢-٤
١١٧	التحليل اللوني للنموذج رقم (١٣) في درجة حرارة ١٢٥٠ م°	٤٣-٤
١١٨	التحليل اللوني للنموذج رقم (١٤) في درجة حرارة ١٢٥٠ م°	٤٤-٤
١١٩	التحليل اللوني للنموذج رقم (١٥) في درجة حرارة ١٢٥٠ م°	٤٥-٤
١٢٠	قيم الشفافية لزجاج المقارنة المغسول بدرجة حرارة ١٢٢٥ م°	٤٦-٤
١٢١	قيم الشفافية لزجاج المقارنة المغسول بدرجة حرارة ١٢٥٠ م°	٤٧-٤
١٢٢	قيم الملمس لزجاج المقارنة المغسول بدرجة حرارة ١٢٢٥ م°	٤٨-٤
١٢٣	قيم الملمس لزجاج المقارنة المغسول بدرجة حرارة ١٢٥٠ م°	٤٩-٤
١٢٤	قيم الشفافية والعتمة لزجاج المقارنة المحروق بأسلوب تثبيت درجة الحرارة ١٢٢٥ م°	٥٠-٤
١٢٥	قيم الشفافية والعتمة لزجاج المقارنة المحروق بأسلوب تثبيت درجة الحرارة ١٢٥٠ م°	٥١-٤
١٢٦	قيم الملمس لزجاج المقارنة المحروق بأسلوب تثبيت درجة الحرارة ١٢٢٥ م°	٥٢-٤
١٢٧	قيم الملمس لزجاج المقارنة المحروق بأسلوب تثبيت درجة حرارة ١٢٥٠ م°	٥٣-٤
١٢٨	قيم الشفافية والعتمة لزجاج المقارنة المطبق على الجسم الطيني بدرجة حرارة ١٢٢٥ م°	٥٤-٤
١٢٩	قيم الشفافية والعتمة لزجاج المقارنة المطبق على الجسم الطيني بدرجة حرارة ١٢٥٠ م°	٥٥-٤
١٣٠	قيم الملمس لزجاج المقارنة المطبق على الجسم الطيني بدرجة حرارة ١٢٢٥ م°	٥٦-٤
١٣١	قيم الملمس لزجاج المقارنة المطبق على الجسم الطيني بدرجة حرارة ١٢٢٥ م°	٥٧-٤
١٣٢	قيم الانصهارية لزجاج اجراءات المقارنة	٥٨-٤
١٣٩	تدرج النسب المئوية للسليكا في تحليل نماذج الرماد	٥٩-٤
١٤٠	تدرج النسب المئوية للألومينا في تحليل نماذج الرماد	٦٠-٤
١٤١	تدرج النسب المئوية للصدويوم في تحليل نماذج الرماد	٦١-٤
١٤١	تدرج النسب المئوية للبيوتاسيوم في تحليل نماذج الرماد	٦٢-٤
١٤١	تدرج النسب المئوية للكالسيوم في تحليل نماذج الرماد	٦٣-٤
١٤٢	تدرج النسب المئوية للمغنيسيوم في تحليل نماذج الرماد	٦٤-٤
١٤٢	تدرج النسب المئوية للحديد في تحليل نماذج الرماد	٦٥-٤
١٤٣	نسبة القواعد الى نسبة الحامض والمتعادل في ضوء حسابات وحدة الصيغة.	٦٦-٤
١٤٤	نسبة القواعد الى نسبة السليكا والالومينا في درجات الحرارة من ١٠٠٠ م° - ١٢٥٠ م°	٦٧-٤
١٤٤	عدد الوحدات الجزئية للاكاسيد الصاهرة بحسب درجات الحرارة (١٠٠٠ م° - ١٢٥٠ م°)	٦٨-٤
١٥٠	قيم نتائج التحليل اللوني و اللون السائد في درجة حرارة ١٢٠٠ م°	٦٩-٦

٧٠-٤	قيم نتائج التحليل اللوني و اللون السائد في درجة حرارة ١٢٥٠م °	١٥١
٧١-٤	نتائج المقارنة بين الزجاج المطبق على الجسم الفخاري و الزجاج المطبق على الجسم الطيني في نفس درجة الحرارة ١٢٥٠م °	١٦٠

الفصل الاول

١-١ مشكلة البحث

يعد الفخار من اقدم ما ابدعه الانسان في وادي الرافدين من آثار الحضارة العظيمة . حيث عثر على اقدم الاواني الفخارية ، في الطبقات الخمس العليا في قرية جرمو* شمال العراق والتي تعود الى العصر الحجري الحديث (المعدني). (سلمان ، ١٩٨٣ ، ص١٩٤) (باقر ، ١٩٧٤ ، ص١٩٦) (يوسف ، ١٩٨٢ ، ص٣٨) .

صنع المزارعون الفخاريات لسد حاجاتهم اليومية وتطورت هذه الصناعة بفعل تطور الانسان وتراكم خبراته عبر السنين الطويلة ، مما جعله يميز بين الاطيان لينتقي منها مايلئم اعماله الفخارية . والتي بدأ بمعاملتها بمواد اخرى مثل التبن والقش لتقوية الطينة وتعديل مواصفاتها . وكذلك اهتم بالبحث عن طلاءات لتغطية سطوح الفخاريات ولسد المسامية ومنع تسرب السائل ولأكسائها طابع القوة والمتانة ولجعلها ارضية لرسم موضوعات مختلفة حياتية ودينية . وكانت هذه الاصباغ عضوية او معدنية اما المعدنية فتشمل اكاسيد الحديد والمغنيز وهيدروكسيد الحديد (المائي) الذي يتحول الى اوكسيد الحديد الاحمر بعد التسخين ، وكذلك اوكسيد الحديد الاسود (باقر ، ١٩٧٤ ، ص٢٠٦) (الدباغ ، ١٩٦٤ ، ص٩٥) ، اما اللون الابيض فكان من الكاولين وكاربونات الكالسيوم) لهذا اطلق الباحثون على هذه الفترة (عصر الفخار الملون) .

ودأب الفخاري وهو يبحث في البيئة على عمل طلائته الخزفية ، فعرف الرصاص واستعمله بشكل واسع في بابل وآشور وقد عثر على رقيم يحتوي على صيغة لزجاج يتكون من خمس مواد (Hardon, 1956, P316) .

استمرت هذه الصناعة بالتقدم والتطور وصولاً الى اوج عظمتها على يد صانعي الفخار في العصر الاسلامي حيث عرفت اكاسيد التلوين كأوكسيد النحاس CuO و أوكسيد الحديد Fe₂O₃ وأوكسيد القصدير SnO₂ وأوكسيد المنغنيز MnO₂ والاكاسيد الصاهرة كأكسيد الرصاص PbO والصودا Na₂O واعظم ما انتجه الخزاف المسلم الخزف ذو البريق المعدني في سامراء في القرن الثامن والتاسع الميلادي (الالف ، ٣٤٣ ، ص٣٤٠) .

حيث ترجم هذا الخزاف العقيدة الاسلامية بإبداله الرخيص بالنفيس أي ان وراء هذه المعرفة التقنية عقيدة دينية راسخة .

وهذه المعرفة التقنية جاءت من معرفة الخزاف بخاماته المحلية وامكانية ايجاد البدائل من المواد وفهمه لتصرف المواد الاولية المستعملة والمتوفرة محلياً فمن المعروف ان صناعة الخزف تختلف باختلاف المواد الطبيعية والمتاحة والمتوفرة وتبعاً لهذا الاختلاف في الامكانيات الطبيعية ينتج اختلاف في الاساليب والانماط والاشكال .

من خلال ماتقدم من معرفتنا بالخامات ومصادر ها تدلنا على ان الارض هي المصدر الوحيد ، فان كل مايتوفر منها يعد ذاك من ذلك الاصل كالمياه والنبات ، وبقايا الحيوانات .

* جرمو " تقع جرمو قرب ججمال بنحو (١كم) شرقاً و(٣٥كم) شرق كركوك على الوادي المسمى (جم كوارا) احد روافد نهر العظيم طوق جوي . (باقر ، ١٩٧٤ ، ص١٩٣)

لقد استغل الخزاف العراقي القديم هذه المعرفة واخذ يستخرج الكثير من الفلزات والمواد من رماد نباتات خاصة بعد ان يجري عليها عمليات تصنيع مختلفة كالحرق والطحن والاستفادة من رمادها، (ليفي ، ١٩٨٠ ، ص ٢٣٤) .

ان ادراك الخزافين العراقيين المبكر لقيمة الرماد لنباتات معينة ومعرفة فائدتها في صناعات عديدة كان منها صناعة الزجاج لكن الصينيين في الشرق بعد ذلك طوروا هذه التقنية للعمل بها خلال سلالة (تانج وسانج) (B.C ٩٦٠-١٢٦٠) (مودجيز ١٩٨١ ص ٣٦) .

وزجاج الرماد من التقنيات الجميلة والمثيرة في الخزف لما لها من تأثيرات خاصة على القطع المنتجة بهذا الاسلوب * ان هذه التقنية على الرغم من كونها منتشرة ومعروفة عالمياً إلا انها غير مطبقة في بلادنا وغير معمول بها وذلك لقلة المصادر ومن ثم قلة المعلومات المتوفرة عنها .

ان بلادنا من البلدان الزراعية التي تتوفر فيها أنواع واصناف مختلفة من النباتات الطبيعية والمزروعة ومن ثم فإن مخلفات هذه النباتات كالفشور والاوراق والسيقان تبدو قابلة للاستفادة منها في انتاج زجاج الرماد (Ash Glaze) ولتوفر انواع من الاطيان ذات تحميلية لدرجات الحرارة العالية ونحن اصحاب حضارة وموروث فكري وفني عظيم ، في امس الحاجة لاستغلال كل الموارد الطبيعية والمتاحة لنا والتي توفرها البيئة المحلية . لنكسر الحصار العلمي الذي فرضه علينا الاعداء .

ومن هذا يمكن ان تتبلور مشكلة البحث في السؤال التالي .

ماهي مواصفات وخصائص زجاج الرماد (Ash Glaze) المنتج من رماد نباتات عراقية ؟

١-٢ أهمية البحث

تكمُن أهمية البحث فيما يأتي :-

- ١- سد النقص المعرفي في مجال اختصاص الخزف وتطبيقاته العملية حيث لا توجد دراسة سابقة متخصصة عراقية في هذا المجال ورفد المؤسسات التعليمية بحقائق علمية جديدة .
- ٢- انتاج زجاج عالي الحرارة محلي ومن خامات محلية متوفرة ورخيصة .
- ٣- استفادة الخزافين من ذلك الزجاج في الاغراض الفنية المختلفة وبتكاليف زهيدة .

١-٣ أهداف البحث

يهدف البحث الى مايلي :-

- ١- التعرف على النباتات المحلية الصالحة لانتاج رماد يصلح لانتاج زجاج الرماد (Ash Glaze) .
- ٢- التعرف على مواصفات هذا الزجاج كالشفافية واللون والملبس ودرجة حرارة النضج الملائمة
- ٣- التعرف على مدى ملائمة الاطيان العراقية لهذا الزجاج .

١-٤ حدود البحث

١- النباتات

- ١- يقتصر البحث الحالي على دراسة خمس عشرة عينة من النباتات المحلية التي تضم سيقاناً واوراقاً وقشوراً .
- ٢- الحدود المكانية (الفرات الاوسط) - مدينة الحلة في محافظة بابل .
- ٣- الجسم الفخاري
- الاطيان - طينة كاؤلين (دويخلة) .
- المواد الاخرى - مسحوق الفخار (Grog) .
- ٤- درجات حرارة الحرق (١٠٠٠-١٢٥٠) م° .
- ٥- استخدام انواع الرماد لتكوين الزجاج (بدون غسل) .

* يصنف زجاج الرماد ضمن انواع الزجاج ذي التأثيرات الخاصة (P , ١٩٧٥ , Rhodes).

الفصل الثاني

١-٢ الإطار النظري

١-١-١-٢ المرجعيات التاريخية

لقد ادرك العراقيون القدماء اهمية الرماد المتخلف عن بعض انواع النباتات المحروقة لاستخلاص المواد المعدنية التي يحتويها كالصودا والبوتاس ولاغراض صناعية مختلفة وخاصة صناعة الزجاج والخزف ، فقد عرفت مجموعة من اسماء النباتات ذات الصلة لهذا الغرض كالنبته التي تعرف (Hasueai) * اذ كانت تحرق لانتاج الصودا من رمادها (ليفي ، ١٩٨٠ ، ص ١٧١) مع مجموعة اخرى من النباتات تسمى نباتات الصودا (كالتفاح البري وحشيش الضفدع والنبته القلوية المعروفة (U uhulu Karnanu) و licornia او Kali " القلي " كما يدعوها العرب ، الموجودة في الصحاري الى الشرق من (Palmyra) * ، و (AL-Asha) ونجد ، ولا تزال تحرق لتتحول الى رماد بسبب مادتها القلوية ، استعملت هذه النبته بهذا الشكل لاكثر من خمسة آلاف سنة .

وفي الهند الحديثة فان نبتة (Salicornia) تحرق في حفر حتى تذوب المواد القلوية وتتجمع في القعر مكونة مايعرف بـ (قلي الحرص) ** (ليفي ، ١٩٨٠ ، ص ١٧٣).

والجدير بالذكر ان هذه الطريقة لايزال يستعملها لحد الان الخزافون الشعبيون وصانعو البلاط الخزفي (القاشاني) في محافظة كربلاء حيث يقوم هؤلاء بحرق النبات الطبيعي (الطرطيع) داخل حفر حتى تتجمع المواد الذائبة منه بعد تغطيته بطبقة خفيفة من التراب لاطفاء النار في قعر الحفرة ثم تترك هذه المواد الذائبة لتتصلب مكونة طبقة شفافة ملحية صلبة تدعى (الكلو) وهو الاسم الشعبي لهذه المادة (غازي ، ٢٠٠١) التي تستخدم في خلطات الزجاج الشعبي المستعمل في تزجيج البلاط القاشاني .

* جاء في قاموس (المورد) عنها ... انها بلاد النخيل الكثيرة (ليفي ، ١٩٨٠ ، ص ٢٣٤)

** يقول (المورد) عن (الحرص) .انه نبات كانوا يستخرجون منه كاربونات الصودا(ليفي، ١٩٨٠، ص ٢٣٤).

وكانت النباتات تحرق بمعزل عن التيارات الهوائية لينتج رماد غني بكاربونات الصوديوم والبوتاسيوم ومن هذه النباتات نبات العليل (الرمث) (Saltwort) (Saisolakali). هو المصدر الرئيس لانتاج الصودا التي تستخدم في صناعة الزجاج والصناعات الأخرى ، حيث تصل نسبة الصودا في رماده من (١٥% - ٢٠%) (فندلاي، ١٩٦٦، ص ٢٣١) .

ان الاملاح المستخرجة من الرماد (كاربونات الصوديوم) هي " النتر " (Nitre) . وقد اشير اليها بهذا الاسم في الكتاب المقدس* .

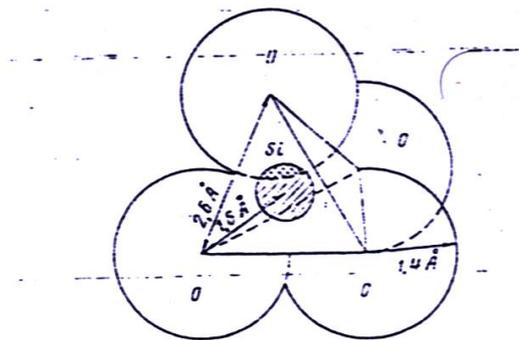
ان كلمة (Nitre) ذات صلة بكلمة (Neter) العبرية و (Nitao) و (Neta) الأراميتين و (Nitron) اليونانية و (Netra) السريانية وكلمة (uhulu) الاكديّة ، حيث توجد في المفردات اللغوية بهذا الشكل (abanu - bu - li) -حجر (uhulu) . الى جانب المقابل السومري (NAYTE٦). وكان هذا على الأرجح هو الرماد مضغوطاً بشكل طابوقة ، ان الكلمة القريبة من (uhulu) هي في السريانية (lixivia) و uhla و ahla (ليني، ١٩٨٠، ص ٢٣٤) .

ومن الشعوب التي اهتمت بهذا الزجاج الصينيون قبل ٢٠٠٠ سنة وهكذا طورت هذه التقنية الى اوربا والبلاد الأخرى (TAYLOR and Bull .P. ١٣٥) .

٢- ١- ٢- بنية الزجاج Glass Structure

حتى عام ١٩٢٥ كانت معرفتنا ببناء الزجاج محدودة ويفسر الزجاج على انه مادة غير عضوية غير متبلورة . صلبة متساوية الخواص عدها بعض الباحثين سائلاً ذا كثافة عالية او سائلاً مبرداً سريعاً . لقد أجرى (Warren) دراسة بوساطة الأشعة السينية الحيودية (X.R.D.) حول طبيعة الزجاج وقد اظهرت هذه الدراسة ان الزجاج السليكي هو مجموعة غير منتظمة من المواد الصاهرة (القلويات والقواعد) موزعة خلال نظام شبك السليكا Silica Network وهذا النظام يكون مترابطاً (linked) او متجسراً (Dridged) مع ذرات الاوكسجين وبهذا يكون الزجاج شكلاً بنائياً من نفس الوحدات التي تبني أشكال السليكا المتبلورة (Warren, P. P. ١٥٦ - ١٥٩ , ١٩٤٠) .

وفي بلورات السليكا الرباعية التكافؤ حيث ترتبط كل ذرة سليكون ذات احداثيات اربع ترتبط مع اربع ذرات اوكسجين في زوايا الهرم رباعي الواجه . وتعمل كل ذرة اوكسجين جسراً للارتباط مع ذرتين سليكون في الهرم المجاور كما في الشكل الاتي :

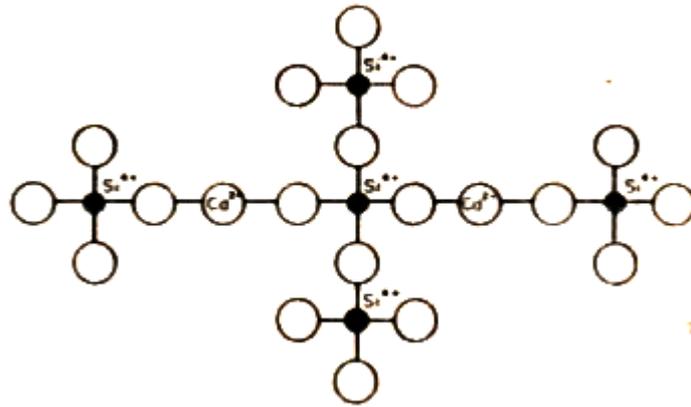


* مثل من ينشد الاغاني لقلب حزين كمثل من يخلع رداءه في البرد القارس ومن يضع الخل فوق الصودا (النتر) (الامثال ٢٥-٢٠) ، فالصودا تتفكك عند معالجتها بالخل (حامض الخليك) مع حدوث فوران شديد ، بسبب تصاعد ثاني اوكسيد الكربون (فندلاي، ١٩٦٦، ص ٢٣٤) .

الشكل (٢- ١) يبين الشكل البنائي الهرمي الرباعي الاوجه (Tetrahedron) للسليكا (SiO_٢) نقلاً عن (Bartenev, ١٩٧٠, p ٦٠).

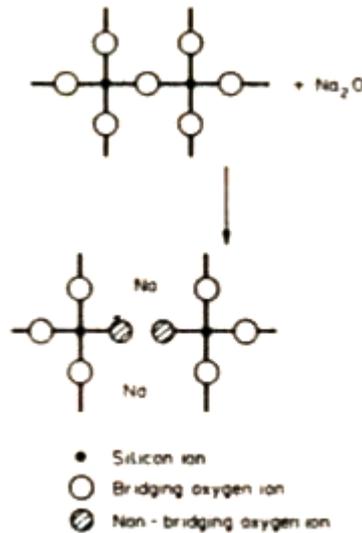
والزجاج السليكي عبارة عن شبكة عشوائية لرباعي الاوجه من خلال ذرات الاوكسجين - سليكون . وعندما تضعف هذه الاواصر فان جانباً واحداً من الثغرة يكون بدون اوكسجين والجانب الثاني فيه اوكسجين بتكافؤ أصري غير مشبع تكون فرصة لأكاسيد ثنائية التكافؤ بالدخول لتكمل الترابط وتعطي متانة للزجاج وتكون الصيغة على مايلي :-

≡ Si - O - Si ≡ قد تحولت الى صيغة أخرى كما في المثال :-
 ≡ Si - O - Ca - O - Si ≡ والشكل (٢) يوضح عملية دخول ايون Ca^{٢+} في بنية السليكا (Taylor, ١٩٨٠ .P.٦).



الشكل (٢- ٢) يوضح عملية دخول اوكسيد الكالسيوم CaO في شبك السليكا نقلاً عن (Taylor, ١٩٨٠ .P. ٦).

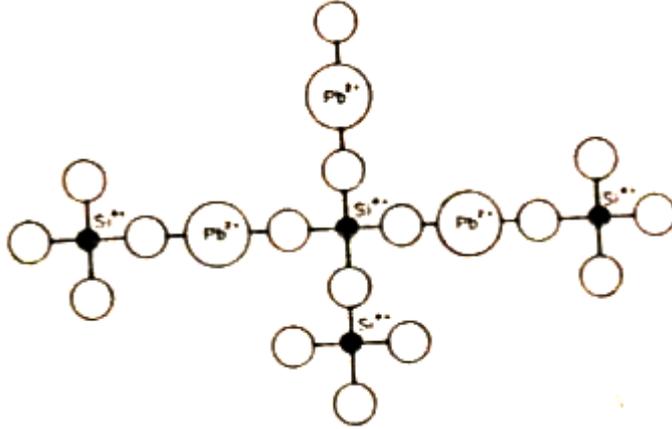
وعند دخول الثغرة اوكسيد قلوية مثل الصوديوم فان Na⁺ ترتبط مع الاوكسجين غير المشبع في احد جوانبه بينما Na⁺ المتبقي يمثل الفراغ في زاوية ذرة السليكون ≡ Si - O - Na / Na - O - Si ≡ وبهذا تكون الذرات غير مرتبطة فيكون البناء ضعيفاً بسبب كسر اواصر السليكون - اوكسجين كما في الشكل (٣) .



الشكل (٢- ٣) دخول اوكسيد الصوديوم في شبك السليكا (Taylor, ١٩٨٦.P. ٦).

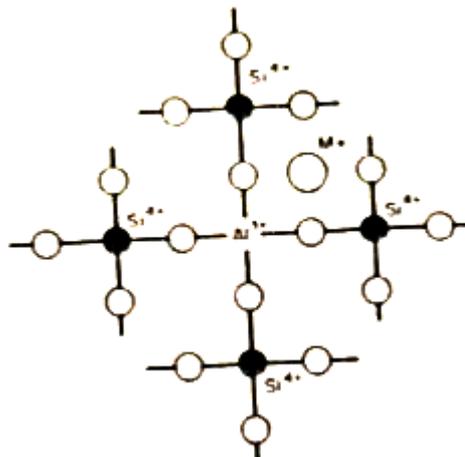
اما دخول اوكسيد الرصاص PbO ويدخل في شبك التكوين كأيون ثنائي Pb^{+2} ويعمل كرابط بين اثنين من SiO_4 من خلال اواصر بين زاويتي الاوكسجين (Taylor, ١٩٨٦.P.٨).

والشكل (٤) يبين وضع الرصاص داخل شبك السليكا وعليه فإن هذه الاكاسيد تعرف بمعدلات الشبك (Network modifiers).



الشكل (٢- ٤) تواجد اوكسيد الرصاص في شبك السليكا نقلأ عن (Taylor, ١٩٨٦.P.٨)

يدخل اوكسيد الالمنيوم Al_2O_3 و هو من الاكاسيد الوسطية المتعادلة (Amphoteric) على الزجاج بأحلال ايون Al^{+3} محل ايون Si^{+4} في الشبكة (Taylor, ١٩٨٦.P.٨) كما في الشكل رقم (٢-٥) ويحدث التحول في الحالة الزجاجية في درجة حرارة معينة ، يتحول فيها السائل المنصهر الى صلب (متجمد) و اذا كان الانتقال بطيئاً من السائل الى الصلب فقد يؤدي الى صلب متبلور مصحوب بأختلاف الحجم . و في هذا الصلب المتبلور يكون هناك مدى قصير و مدى طويل لتنظيم الجزيئات . و للتغيير من طور الى طور أي من سائل الى صلب يحدث فوراً اثناء انخفاض درجات الحرارة ، و قد يتغير الطوران بشكل غير قابل للتمييز في درجات محدودة و ثابتة تعرف بالنقطة الايوتكتيكية (Eutectic point) و التي عندها تتجمد النسب الزائدة بعد انصهار السائل الايوتكتيكي عندما تصل درجة الحرارة الى اعلى من درجة الايوتكتيك (علام ، ١٩٦٤ ، ص ٥١-٥٣) و التحول من صلب الى سائل يعتمد على عدد الاواصر و قوتها فكلما زادت قوة الاصرة و ازداد عددها ارتفعت درجة الانصهار . و على هذا فإن الزجاج يتكون من ثلاث مجموعات اوكسيدية و التي تكون وحدة الصيغة (Formula Unit).



الشكل (٢-٥) : استقرار ايون Al^{+3} محل ايون Si^{+4} في الشبك و موقع الايون القاعدي M^+ نقلا عن (Taylor, 1986, P.1).
أفترض العالم سيكر (Segar) أن العلاقة بين المجاميع على ما يأتي :-

RO او R ₂ O	R ₂ O ₃	RO ₂	مواصفات الزجاج
١	-	٢	١- زجاج واطيء الحرارة
١	-	٤	٢- زجاج عالي الحرارة
-	١	١٠	٣- زجاج شفاف
-	١	٥	٤- زجاج معتم

جدول (٢-١) يبين العلاقة بين المجاميع المكونة للزجاج حسب قاعدة سجر .

حيث ان مجموعة (RO) ، (R₂O) هي دائماً (١) ، وتكون (R₂O) (٢) في زجاج واطيء الحرارة و(٤) في زجاج عالي الحرارة .

١-٣ المواد الاولية التي يتكون منها الزجاج

- يمكن تقسيم المواد الاولية التي يتكون منها الزجاج الى ثلاث مجاميع رئيسية وهي :-
- ١- الاكاسيد الحامضية .
 - ٢- الاكاسيد القاعدية .
 - ٣- الاكاسيد ذات التفاعلين .

١-٣-١ الاكاسيد الحامضية

وهي المكون الرئيسي للزجاج وتسمى المركبات المكونة لشبك الزجاج (Network formers) وأهمها السليكا SiO_2 ، وخامس اوكسيد الفسفور P_2O_5 و اوكسيد البوريك B_2O_3 وهذه المواد يجب ان تتوافر فيها الشروط الاتية :-

- ١- الجهد الايوني اكثر من ٧ .
- ٢- ترتبط هذه العناصر بما لايزيد عن ذرتين من الاوكسجين .
- ٣- تكون مع الاوكسجين تآصراً رباعياً كما في جزيئة السليكا iO_2 (شكل ١) وقد تكون بتآصرها ثلاثياً كما في جزيئة اوكسيد البوريك B_2O_3 .

السليكا (SiO_2)

وهي اوسع الاكاسيد انتشاراً في مكونات القشرة الارضية حيث تصل نسبة السليكون الى ٢٧% ... (جميل ، سعد الله ، هرمز ، ١٩٨١ ، ص) وبالتالي يشكل العنصر الثاني بعد الاوكسجين الذي تصل نسبته الى ٤٩.٢% ولايتواجد في الطبيعة كعنصر بل غالباً مايتواجد على هيئة ثنائي اوكسيد السليكون الذي يعرف بالسليكا SiO_2 او على هيئة مركبات كالطين والفلسبار

و مهما تنوعت هذه الاشكال فانها تنقسم الى قسمين رئيسيين هما :-

الاشكال المتبلورة والاشكال غير المتبلورة (Rayan,W, 1978, P.P.80-79)
والبناء البلوري للسليكا يتكون من اربع ذرات اوكسجين بينها فراغ كبير يحتوي ذرة سليكون ، وذرات الاوكسجين الاربعة متوافقة تكافوياً ومتساوية في اواصرها التناسقية (Co-ordination) التي يحتاجها السليكون (Sienko & Plane , 1986, P.P. 533 - 529) ان ذرات الاوكسجين الاربعة المحيطة بذرة السليكون تكون جزيئة السليكا الرباعية الاوجه (SiO_4) (Tetrahedron) تلتقي ذرات السليكا مع بعضها بواسطة ذرة الاوكسجين وفي هذه الحالة يكون تكافؤ هذه الذرة متساوياً ، عندما يرتبط

كل ايون اوكسجين O^{-2} مع ايون سليكون يتكون سلسلة من الترابط المتكرر لذلك فإن الكيمياء للسليكا هي SiO_2 (Cooper & Derekroyle, PP. ٦٣-٦٤).

٢-١-٣-٢ الاكاسيد القاعدية (معدلات الشبك) *Network modifiers* وهي المواد التي تضاف لتعديل مواصفات الزجاج وخفض درجة حرارته (Rayan, W, ١٩٧٨, P. ٤٢).

تتكون هذه الاكاسيد القاعدية من القلويات Alkali والقواعد الترابية Alkaline Earths وهي:-
Na₂O اوكسيد الصوديوم، K₂O اوكسيد البوتاسيوم، Li₂O اوكسيد الليثيوم،
CaO اوكسيد الكالسيوم، MgO اوكسيد المغنسيوم، BaO اوكسيد الباريوم. واهم
انواعها:

A- القلويات *The Alkalies (R₂O)*

واسعة الانتشار في الطبيعة وغالباً ما تكون ذائبة بالماء او متحدة مع السيلكا على شكل فلدسبار (P. ٨٥, ١٩٤٠, Wareen) وظيفتها الاساسية في الزجاج خفض درجة الحرارة و زيادة سيولة الزجاج ولها تأثير في معامل تمدد الزجاج وتزيد من صلابته ومقاومته للظروف الجوية. وزيادة لمعانه و تطوير اغلب الالوان المستخدمة في الزجاج.
و اغلب مركباتها ذائبة في الماء لذا يجب ان تضاف للزجاج على شكل جاهز (frit)
(Green, ١٩٦٧, p. ٤١)
واهم عناصرها:-

١- اوكسيد الصوديوم (Na₂O)

واحد من اكثر الاكاسيد القلوية فعالية، حيث تبدأ فعاليتها كمادة صاهرة في درجة حرارة (٨٠٠ م) (P. ٢٧٨, ١٩٧٥, Hamar) وفي درجات حرارة اعلى من (١١٠٠ م) ويمكن ان تضاف مادة صاهرة اخرى مع الصودا مثل الكالسيا CaO والباريا BaO وتستخدم الصودا بكميات محسوبة لان زيادتها تحدث تجزع الزجاج وذلك لمعامل تمددها العالي مقارنة بالاكاسيد الاخرى. واحياناً تسبب مشكلات كظهور الفقاعات بسبب الفعالية الصاهرة العالية.

واهم مركبات الصوديوم كربونات الصوديوم Na₂CO₃ والبوراكس Na₂O.٢B₂O₃.١٠H₂O (Cooper & Derekroyle, ١٩٧٨, P. ٦٩).

٢- اوكسيد البوتاسيوم (K₂O)

اوكسيد قلوي عالي الفعالية في الصهر، وزيادته في الزجاج يساعد على اللمعان ويقلل السيولة، (علام، ١٩٦٤، ص ١١) وله معامل تمدد اقل من الصوديوم واهم مركباته هي نترات وكربونات البوتاسيوم والفلسبار البوتاسي (الزمزمي و اخرون، بلا، ص ١٨٥).

B- القلويات الترابية (The Alkaline Earths)

تشمل هذه المجموعة اكاسيد الكالسيوم CaO والمغنيسيوم MgO والباريوم

BaO والزنك ZnO .

لها قوة انصهار اقل من المجموعة الاولى تتباين في بعض المواصفات من اوكسيد الى اخر ولكنها متوافرة بشكل واسع في الطبيعة وعلى شكل مركاب مختلفة (علام ، ١٩٦٤ ، ص ١٤) .

واهم عناصرها :

١- اوكسيد الكالسيوم (CaO)

صاهر جيد في درجات الحرارة العالية وغير فعال او مقاوم للصهر (Anti Flux) في درجات الحرارة الواطئة ويصبح اوكسيد الكالسيوم مادة صاهرة فعالة في درجة (١١٠٠ م) فما فوق ، وهو عملي ومفيد لكل انواع الزجاج ، (Hamer , ١٩٧٥ , p. ٤٢) ان وجوده في الزجاج يقلل معامل تمدد الزجاج ، وزيادة كميته ممكن ان ترفع درجة حرارة النضح ويقلل من السيولة واللمعان ويمكن ان يسبب العتمة في درجات الحرارة الواطئة بسبب عدم انصهاره .

وفي درجات الحرارة العالية بسبب اعادة التبلور (recrystallization) وتعرف هذه العتمة بانطفاء الكالسيوم (Calcium matt) تكون نتيجة نمو البلورات في اثناء التبريد (Cooper & Dereroye, ١٩٧٨.P. ٦٨) .

ويضاف الى الزجاج على شكل كاربونات الكالسيوم $CaCO_3$

وفلدسبار $Al_2O_3 \cdot CaO \cdot 6SiO_2$ وفلورايت CaF_2 (Cooper & Dereroye, ١٩٧٨.P. ٦٨) .

٢- اوكسيد المغنسيوم (MgO)

مقاوم صهر في درجات الحرارة الواطئة (Refractery) ولكنه صاهر جيد في درجات الحرارة العالية . وتبدأ فعاليته الانصهارية عند درجة حرارة (١٧٠) م و تزداد فعاليته بأزدياد درجات الحرارة ويبدأ تأثيره الصاهر بين درجة حرارة (١٧٠) م - (١٢٣٠ م) فانه يؤثر في المائعية في فترة متأخرة مما ينتج عنه بقع مرقطة عند حركة السائل (p. ٢٨٠ , Show , ١٩٦٨) او ما يشبه البقع الدهنية اما عتمة اوكسيد المغنسيوم فانها تحدث في درجات الحرارة الواطئة والعالية . ففي درجات الحرارة الواطئة وعند دخوله بنسبة (١٠%) يكون صاهراً معتدلاً القوة حيث ان بعضه يذوب والاغلب منه يبقى معلقاً كبلورات بيضاء معتمة تسبب انطفاء الزجاج (Singer & Singer, ١٩٦٣ . P. ٢٧٥) وفي درجات الحرارة العالية يكون اوكسيد المغنسيوم صاهراً ومعتماً حيث يدخل الاوكسيد في الزجاج كصاهر قوي وذلك بنسبة بين (٢٠% - ٣٠%) .

يتفاعل اوكسيد المغنسيوم مع السليكا ليكون سليكات مع اقل كمية من السليكا وذلك لوجود قلويات اخرى . وسليكات المغنسيوم المتكونة تتبلور في اثناء التبريد لتسبب العتمة . او السطح المطفأ ، هذه العتمة تعرف بانطفاء المغنسيوم (Hamer , ١٩٧٥ , P. ١٨٩) (Magnesium matt) .

٣- اوكسيد الباريوم (BaO)

يستخدم في زجاج الحرارة العالية كمادة صاهرة ويساعد على تكوين عتمة (ديكرسن ، ١٩٨٩ ، ص ١٥٥) . اما اذا زاد محتواه عن (٠.٣) وحدة جزيئية فانه يعمل كمادة مقاومة حرارياً (Refractry Matierl) (Cooper &

Dereroye, 1978.P. 68) وعند استخدامه بكميات قليلة فإنه يؤدي الى زيادة اللمعان والمتانة ومقاومة الاحماض يضاف الى الزجاج على شكل كربونات او كبريتات وينصهر في درجة حرارة (1920 م) (Hamer, 1975, P. 19).

٢- ١- ٣- الاكاسيد الامفوتيرية . (Amphoteric Oxides)

وهي الاكاسيد الوسيطة ذات التفاعلين (Intermedinte Oxide) واهم هذه الاكاسيد الالومينا Al_2O_3 مع وجود بعض الاكاسيد التي تسلك سلوك الالومينا كمادة امفوتيرية وهي اكاسيد (الزركونيوم Zr_2O_3 و الحديد Fe_2O_3 والبوريك B_2O_3 والكروم Cr_2O_3 والانتيمون Sb_2O_3).
تعد الالومينا اهم العناصر المتعادلة في كل انواع الزجاج فوجودها هو الذي يميز الزجاج العادي عن زجاج الخزف (Hamer, 1975, p5-7) واهم انواعها هي :-

الالومينا Al_2O_3

الالومينا مادة متعادلة مقاومة للحرارة والسوائل الكيماوية تربط المركبات الحامضية والقاعدية في الزجاج وذلك لمنع انسحاب مركبات الزجاج ، أي المسؤولة عن ثبات الزجاج على سطح الجسم الخزفي اثناء الانصهار . وهي المسؤولة ايضاً عن درجة العتمة كونها تنتشر في السائل الزجاجي على شكل بلورات غير ذائبة تؤدي الى عتمة (Cooper & Dereroye, 1978.P. 64) ومن الممكن انتاج زجاج بدون استخدام الالومينا Al_2O_3 وهذا الزجاج يكون بدرجة انصهار وسيولة ولزوجة منخفضة ومن الممكن الاستعاضة عن الالومينا باستخدام مواد ذات مقاومة حرارية كالسليكا والفلسبار بزيادة اللزوجة وتخفيض السيولة (Cooper & Dereroye, 1978.P. 64).

وهي ايضاً تعمل على تقليل معامل التمدد الحراري والشد السطحي . تدخل الالومينا في الزجاج على شكل فلسبار او كاولين او حجر الكونولي (Cornish stone). وكذلك في الجسم كونها موجودة في جميع الأطيان . (الزمزمي و اخرون ، بلا ، ص ٨٤).

٢- ١- ٤- اوكسيد الحديد (Iron Oxide)

لا يوجد اوكسيد الحديد حراً في الطبيعة و ذلك لفاعليته الشديدة تجاه الماء و الاوكسجين و العناصر الاخرى حيث تحتوي القشرة الارضية على العديد من المعادن التي يدخل الحديد في تركيبها (Hanmer, 1975, p160).
يعتبر اوكسيد الحديد Fe_2O_3 من اكثر الاكاسيد الملونة استقراراً و غالباً ما تتحول كل الاكاسيد في عند تعريضها للحرارة الى هذه الحالة المستقرة ، حيث يعطي اللون محمرة زاهية في درجات الحرارة الواطئة ، و ذلك بسبب الانتشار الكبير لأيوناته في الزجاج . و في درجات الحرارة العالية يعطي اللون بنية و صفراء او بنية غامقة بسبب اتحاد اوكسيد الحديد مع مساعدات الصهر ، و قد يعطي في درجات الحرارة العالية الى الالوان المزرق و المخضرة نتيجة لتحول اوكسيد الحديد الثلاثي التكافؤ FeO_3^{+3} الى اوكسيد الحديدوز الثنائي التكافؤ FeO_2^{+2} (Hamer, 1975, PP. 161-162) (Mousa, 1982, P. 118). يتصرف اوكسيد الحديد عدة تصرفات في الزجاج ، فهو كمادة صاهرة يزيد من انصهارية الزجاج و كمادة امفوتيرية غير صاهرة يتفاعل مع الزجاج الحامضي كقاعدة فيتحد جزئياً مع السليكا . اما في الزجاج القاعدي فيعمل كمادة حامضية ، و يعتمد ظهور الالوان على عدة عوامل :

- ١- كمية الاوكسيد المضاف الى الزجاج .
- ٢- طبيعة مركبات الزجاج .
- ٣- جو الحرق (تأكسدي او اختزالي) (علام ، ١٩٦٤ ، ص ١٨) .

٢. ١. ٥ تصنيف الزجاج

هنالك عدة انواع من التصانيف للزجاج يمكن ان يصنف حسب وجود او فقدان المركبات الداخلة في تكوينه كزجاج الرصاص والزجاج القلوي او يصنف حسب نوع الطينة المطبق عليها كزجاج البورسلين ، كما يمكن ان يصنف حسب النتيجة النهائية على الجسم الخزفي ، كالزجاج الخشن او الناعم او البلوري او المعتم او الشفاف (علام ، ١٩٦٤ ، ص ١٤٦) ، (P.٦ ، ١٩٨٠ ، Maynard) ويصنف احياناً حسب طريقة تحضيره كالزجاج الصناعي (frit) والتصنيف الاكثر استخداماً لدى الخزافين هو حسب درجة حرارة النضج والذي ينقسم الى :-

- ١- واطئ الحرارة Earthenware
- ٢- عالي الحرارة Stoneware
- ٣- البورسلين Porecelain

١ - الزجاج الواطئ الحرارة Earthenware

وهو الزجاج الذي ينضج في درجة اقل من درجة (١١٥٠ م) ويحتوي على كمية عالية من الصواهر (Fluxs) كالقلويات والرصاص ، وهو الزجاج الذي يلائم الاطيان الواطئة الحرارة (Earthen Ware) والذي يحتوي على كمية قليلة من السليكا والالومينا .

٢ - الزجاج العالي الحرارة Stoneware

وهو الزجاج الذي تبلغ درجة نضجه بين (١٢٠٠ م - ١٣٠٠ م) والذي يخلو من الرصاص غالباً ويحتوي في تركيبه على كمية عالية من السليكا والالومينا والذي تستبدل به الاكاسيد القلوية بالقلويات الترابية كالكالسيوم والمغنيسيوم والباريوم ويعد الفلدسبار من اهم المركبات الداخلة في تركيبه والذي ممكن ان ينتج زجاجاً لوحده في درجة (١٢٥٠ م) (Worrall , ١٩٦٤ , P.٨٦) . ويعتبر زجاج الرماد من انواع الزجاج ذو الحرارة العالية .

وبأختصار فان الزجاج عالي الحرارة زجاج ذو مواصفات جيدة من حيث الصلادة والمقاومة للظروف الطبيعية والكيميائية كونه ذا مقاومة عالية للحوامض وخالياً من السمية ويستعمل لاغراض الصناعية الفنية الخزفية (ديكرسون ، ١٩٨٩ ، ص ٤٥) .

٢ - زجاج البورسلين Porecelain

جاءت تسمية الزجاج من الجسم المطبق ، حيث يصنع جسم البورسلين من خليط خاص من الاطيان (تركيبه الصناعي غير موجود في الطبيعة) وغالباً مايحتوي على الكاولين او الطين الصيني أو حجر الكورنيش مع الفلدسبار ، والفلنت ويكون لون الجسم أبيض وذا صلابة وشفافاً أو شبه شفاف وذلك لان مرحلة التصلب والتزجيج تحصل بشكل كبير لجسم البورسلين (العبيدي ، ١٩٩٢ ، ص ٤٦)

وزجاج البورسلين زجاج عالي الحرارة Stoneware أنتج اولاً في الصين خلال سلالة تانج وسانج وخلال الاسر الست لاسرة تانج (٦١٨ - ٩٠٢ B.C) حيث صنع الخزف الحجري البورسليني الذي كان يصنع من الكاولين والفلدسبار ويغطي بزجاج فلدسباري وقد طورت سلالة سانج هذا الزجاج حيث اصبح مكوناً من الفلدسبار

والرماد النباتي Wood Ash (هودجز، ١٩٨١، ص ٢٧-٢٧). يحرق البورسلين بحدود درجة حرارة (١٢٥٠ م) ، وزجاج البورسلين عالي الحرارة شفاف أو نصف شفاف أو معتم (بلينيكتون ، ١٩٧٤ ، ص ٩٦) ويتكون من السليكا والفلدسبار والكاولين وكاربونات الكالسيوم أو الباريوم أو المغنسيوم ولوجود السليكا بكمية عالية فيه فهو مقاوم جيد للحوامض والقواعد .

٢-١-٦ زجاج الرماد

وهو نوع من الزجاج العالي الحرارة (Stoneware) الذي استخدم أولاً في الصين خلال سلالة تانج وسانج بعد ان طور قدماء الخزافين الصينيين انواعاً خاصة من الافران ذات التيار السفلي والتي تحوي على غرف حرق الاخشاب، وعند انتقال الحرارة والتيارات التي نفخت من الفرن مع النار كونت طبقة زجاجية في احد جوانب الانية التي تلامسها . أي ان انصهار هذه الكميات الصغيرة المتطايرة واستقرارها على قواعد واكتاف الانية كونت زجاجاً (Rhodes, ١٩٧٥ , P.٨٢) .

وربما كانت هذه البداية الحقيقية التي ادت الى معرفة هذا النوع من الزجاج واستعماله بصورة واسعة في الشرق (هودجز ، ١٩٨١ ، ص ٣١) وعلى كل حال فان هذا الزجاج المتكون من حرق النباتات (الرماد Ash) يحتوي على كمية متغيرة من القلويات كالبوتاسيوم والصوديوم والسليكا والمغنسيوم والكالسيوم والحديد (, Green P.٤٢ , ١٩٦٣) تختلف هذه الكميات من الاكاسيد حسب نوع النبات والتربة التي تنمو فيها والموسم الذي جمع فيه وعمر النبات ولذلك لا يمكن وضع صيغة محدودة لهذا الزجاج لان الاختلاف في نسب المواد ليس من نبات الى اخر او تربة الى اخرى فقط ولكن في النبات نفسه ايضاً . فالاجزاء القديمة كالاخشاب الصلدة والجذوع تختلف عن الاغصان الجديدة ، وتختلف عن اللحاء والمغلفات النباتية والبذور . وهذا الاختلاف الناتج عن اصناف النباتات والظروف المحيطة بها يولد اختلافاً في كميات الاكاسيد التي يحتويها (Hamilton, ١٩٧٤ , p١٣٤) .

وتبعاً لهذا الاختلاف في درجات الحرارة التي ينضج بها الزجاج والتأثيرات التي يسببها كالشفافية والعتمة واللون والمظهر الخارجي (, Taylor & Bull ١٩٨٦ , P.١٣٥) .

ويهيأ الرماد للعمل بتنقيح الرماد ولمدة ٢٤ ساعة او اكثر ويغربل بغربال من ٤٠-٦٠ mesh وذلك لتخليصه من الاجزاء الخشنة والشوائب وتخليصه من المواد والاملاح الذائبة في الماء لكي لا يتم امتصاصها من قبل الجسم الفخاري اثناء الاستخدام مسببة بعض الاضرار كالاتواء والانصهارية . علماً ان الغسل يسبب فقدان صواهر مهمة ذات فعالية صهر عالية ، كالصوديوم والبوتاسيوم ، ويفضل بعض الخزافين اعادة الغسل مرة ثانية وبعدها يبدأ بتجربة الرماد في انتاج الزجاج (Rhodes, ١٩٧٥, P.٢٩٠) .

ويصنف الرماد حسب درجة انصهاره فهي اما عالية او وسط او واطئة ويطبق على الاجسام الفخارية المحروقة او غير المحروقة مباشرة ويجب ان يطبق بسمك مضاعف ، وذلك لوجود بعض المواد العضوية التي تتطاير محترقة في اثناء درجات الحرارة العالية . وقد يضاف الى الرماد مواد مساعدة اخرى ومعدلة كالاطيان الحمراء او الكلس او الفلدسبار (Leach, ١٩٤٤, P.١٥٩) . ويمكن ان تزداد هذه الكميات من المواد المضافة او تقل حسب الناتج الاخير ونوعية الزجاج ومواصفاته المطلوبة .

ان ضياع عنصرين مهمين من اشد الصواهر فعالية كالصوديوم والبوتاسيوم نتيجة لغسل الرماد سيؤثر حتماً على سيولة الزجاج وشفافيته ودرجة انصهاره وقد يعوض عنها بالاضافات التي تضاف لخلطات الرماد (Green , 1976, P.121) .
يفضل بعض الخزافين عدم غسل الرماد وذلك للحفاظ على المواد المذابة في الماء (القلويات الصاهرة) وتكون طريقة العمل بحرق كميات الرماد مع اضافة المعدلات لها في درجات حرارة عالية وفي اوعية حيث تحول القلويات الذائبة الى سليكات غير ذائبة وعندها يطحن ويستعمل ويعرف هذا النوع من الزجاج (زجاج الرماد الصناعي) (Silverman, 1998, P.41).
والياً تقوم شركات الخزف بتجهيز وصفات مختلفة من زجاج الرماد حيث يعمل به وهو جاهز (frit) ، او يضاف الى خلطة الزجاج كمادة صاهرة (Stoneware Glaze).

ولجو الفرن تأثير على الناتج من الزجاج فاختلف مصدر الوقود سواء كانت طبيعية او صناعية تؤثر على نوعية المنتج ويجب ملاحظة عدم استمرار نجاح التأثيرات الخاصة للزجاج عند احتراق الرماد نفسه (Taylor & Bull, 1986, P.136).

ويفضل الكثير من الخزافين الوقود الطبيعي في حرق هذا النوع من الزجاج للحصول على التأثيرات الجمالية الخاصة به التي تختلف باختلاف درجات الحرارة وجو الحرق وسرعة الحرق ونوعية الجسم المطبق عليه (شاكرا ، 2002) .
٢- ١- الانصهارية

من دراسة بناء الزجاج تبين ان زجاج الخزف يتكون من السليكا SiO_2 كمكون للزجاج والتي تختلف مواصفاته بأضافة مكونات زجاج اخرى مثل اوكسيد البوريك B_2O_3 وخامس اوكسيد الفسفور P_2O_5 لتعديل شبك الزجاج (Network modifying) . فضلاً عن اوكسيد القلويات والقواعد الترابية والتي هي اوكسيد الصوديوم Na_2O واوكسيد البوتاسيوم K_2O واوكسيد الليثيوم Li_2O واوكسيد الكالسيوم CaO واوكسيد المغنسيوم MgO واوكسيد الباريوم BaO واوكسيد الرصاص PbO واوكسيد الزنك ZnO والاوكسيد الوسطية كالالومينا Al_2O_3 .

ومن خلال دراسة بيانات أنظمة الاطوار ظهر ان اضافة مواد الى مواد اخرى يؤدي دائماً الى تخفيض درجة حرارة الانصهار كمعدل في اغلب أنظمة الزجاج ، وهناك مواد يؤدي وجودها الى تخفيض درجة الحرارة بصورة كبيرة ، بتكوين أنظمة بيانات مختلفة ، وقد يؤدي هذا الى الحصول على حالة انصهار مناسبة في تجارب الزجاج وقد وجد ان هناك بعض المتغيرات تؤدي الى تخفيض كبير في الانصهار وهي : (Singer & Singer, 1963, P.533)

١- استبدال شبك رباعي الاوجه للسليكا بشبك ثلاثي الاوجه لاوكسيد البوريك . وعند غياب القواعد فان اضافة اوكسيد البوريك الى زجاج السليكا يفككه ويحلله ، وبهذا يزداد معامل التمدد وتقل درجة حرارة الانصهار اما بوجود القواعد ، فأن البوريك يشكل اتحاداً رباعي الاوجه (Tetrahedron) ويقلل معامل التمدد مع انه لايمكن السيطرة عليه لمدة اطول مع التغيرات البنائية المطلوبة لكونه فضلاً عن كونه مكون للشبك فان صاهر .

٢- تغيير نسبة الاوكسجين -السليكون وتنوعها ويأخذ بنظر الاعتبار زيادة نسبة الاوكسجين التي تفكك شبك السليكا وتقلل نقطة الانصهار ، هذا يحصل في أغلب

الاحيان بوجود القلويات والقواعد الترابية والاكاسيد المعدنية الاخرى ، فضلاً عن استبدال السليكا رباعية التكافؤ Si^{+4} بمكون زجاج منخفض التكافؤ Al^{-3} وهذا يؤدي الى تخفيض درجة الحرارة.

٣- استبدال SiO_2 مكون الشبك بالالومينا و Al_2O_3 والتيتانيوم TiO هذه الاوكسيدات لايمكن ان تكون زجاجاً لوحدها. لانها تكون شبك ولكنه ضعيف ، ومن ذلك فانها تخفض نقطة الانصهار في حالة مكونات الشبك ذي العناصر ذات التكافؤات المنخفضة (الاقل من ٤) بالعودة الى الفقرة (٢) يمكن ان ترفع نقطة الانصهار وذلك بزيادة تركيز الالومينا ، ولكن عادة ان رباط الايون الموجب أو أصرة الاوكسجين السالب $Al-O$ أضعف من أصرة $O^{2-}-Si^{+4}$ ولذلك فإن نقطة الاذابة تقل .
٤- اختلافات معدلات الشبك .

a - يعتمد على عامل الحجم فكلما صغر الايون الاحادي المعدل سبب لزوجة اقل للزجاج على كل حال فان درجة النضج للزجاج تنخفض باستبدال ايون البوتاسيوم الاحادي K^{+1} بأيون الصوديوم او الليثيوم الاحاديين وبالعكس .

b - التعقيد ، باستبدال مركب واحد بأثنين أو بأكثر يؤدي بالتأكيد الى تخفيض درجة الانصهار حيث ان الخليط المعقد يعطي مدأً واسعاً للنضج .

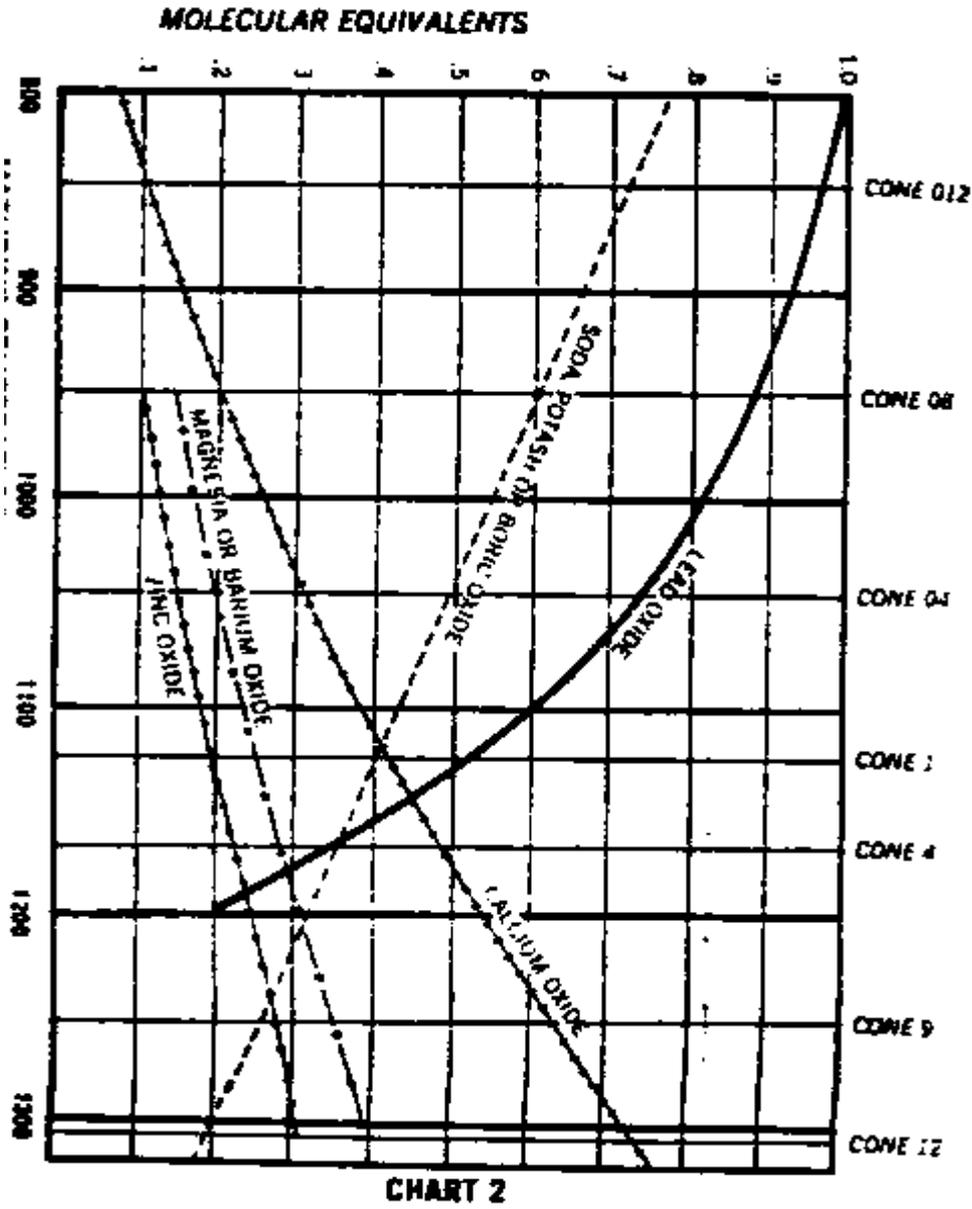
٥- الايونات احادية التكافؤ

ان استبدال ايون الاوكسجين الثنائي التكافؤ بايون الهالوجين احادي التكافؤ مثل F^{-} او Cl^{-} او Br^{-} يضعف البناء او التركيب ، وهذه الطريقة غير مستخدمة عموماً للزجاج السيراميك ، ومن خلال هذه النقاط الاربع يتغير بناء الزجاج بزيادة الانصهار او تقليبه ، ان معرفة مكونات تركيب الزجاج وتصميمه تساعد على السيطرة على درجة الانصهار والملمس والشفافية والاستجابة للاوكسيدات الملونة وان جمع عدة اوكسيدات في ان واحد يخفض نقطة الانصهار للخليط بصورة اكثر استخدام اوكسيد واحد ولمعرفة درجة الايوتكتيك (وهي نسبة اوكسجينين لهما اوطاً نقطة انصهار) (علام ، ١٩٦٤ ، ص ٥١-٥٣) ، ومن خلال استخدام وحدة الصيغة (Formula Unit) (Rhodes ، ١٩٧٥ ، P.٦٤) كقاعدة يمكن التنبؤ بدرجة حرارة الانصهار .

وعلى كل حال تعتمد درجة الانصهار على النقاط الاتية :-

١- زيادة كمية الصواهر الفعالة او قلتها مثل اوكسيد الرصاص والصوديوم والبوتاسيوم.

٢- كمية الصواهر الخاملة (القواعد الترابية) مثل اوكسيد المغنسيوم Mg^{+2} والباريوم Ba^{+2} والكالسيوم Ca^{+2} على حساب الصواهر الفعالة وعليه يمكن ان نجد فعل الصهر للاوكسيدات المختلفة كما في الشكل (٦-٢) .

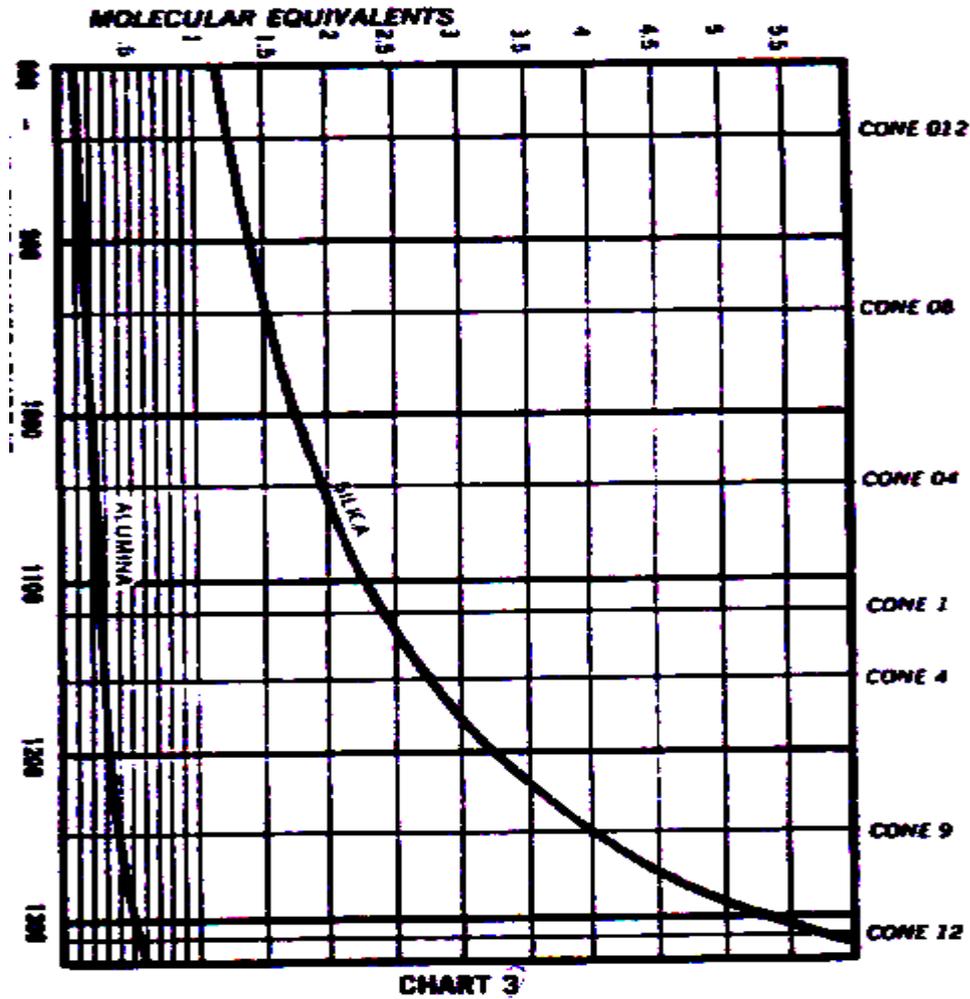


الشكل (٦-٢) يوضح تأثير الصواهر في تغير درجات الحرارة .

٣- كمية السليكا والالومينا في الزجاج
ان كمية هذين الاوكسيدين تكون حاسمة في تكوين الزجاج ومرتبطة بكمية الصواهر المركبة .

لكمية الالومينا تأثير مهم على السطح وملمس الزجاج والشكل رقم (٦-٢) يبين كميات السليكا والالومينا الذي يمكن ايجادها في درجات حرارة النضج المختلفة حيث ان كمية هذين الاوكسيدين تزداد بزيادة الحرارة مع الاعتبار لما يفعله المواد الصاهرة (RO) وكمية الاوكسيديت فيه (Rhodes, ١٩٧٥ , P.١٦٤) حيث ان كمية الالومينا تكون (ثلاثة اضعاف السليكا زائداً واحد) مع وجود استثناءات وكمية السليكا لا يمكن ان تقل عن وحدة جزئية وبارتفاع درجات الحرارة فأن كمية الالومينا تزداد عن وحدة جزئية ، ان السليكا تجعل الزجاج ذا مقاومة كبيرة للانصهار وتسبب في فقدان البريق وزيادة الالومينا تسبب صلابة الزجاج وعمته وخشونة السطح .

الشكل (٧- ٢) يمثل كمية السليكا والالومينا في الزجاج



٤- حجم حبيبات المواد (درجة نعومة المواد) وادخالها بشكلها الجاهز (frit) بدلاً من حالتها الخام .

٥- كمية الاكاسيد الملونة في الزجاج كالحديد والكوبلت والنحاس والتي تعد بحد ذاتها صواهر فعالة .

٢- ١- الشد السطحي Surface Tension

الشد السطحي وهو الذي بواسطته يمكن احتواء كتلة السائل ويتكون نتيجة الجذب لجزيئات المركب بواسطة نفس مجموعة العناصر التي تكون مجموعة المركب ، اذ يحدث تغير فجائي في الزجاج ذي الشد السطحي القليل ، حيث ينشأ تصدعات او

سطح مسامي وعند فقدان الشد السطحي في زجاج عالي الحرارة يتجدد الزجاج ويندمج في كرات وتدعى هذه الحالة الانسحاب (Singer & Singer , ١٩٦٣ , P.٢٠١) وبهذا فالزجاج المتيبس يميل الى ان يكون ذا شد سطحي عالٍ اما الزجاج السيل فيكون ذا شد سطحي ضعيف (Hamar, ١٩٧٥ , p٢٨٧).

تعمل القلويات علي جعل الزجاج ذا شد سطحي ضعيف كونها مواد ذات فاعلية صهر عالية تجعل الزجاج ذا مائعية عالية (Hamar, ١٩٧٥ , P.٢٨٧) وبعض الاكاسيد تسبب شداً سطحياً عالياً كالألومينا التي تعمل على زيادة اللزوجة و اذا وضعنا الاكاسيد في جدول منتظم بحسب تاثيرها على الشد السطحي نجد ان البوتاسيوم في طرف و الألومينا في الطرف الاخر (Singer & Singer , ١٩٦٣ , P.P. ٥٣٣-٥٣٤) و السليكا قد وضعت في الوسط و اخذت كمقياس للمقارنة (Hamar , ١٩٧٥ , P.٢٨٧) : وهناك علاقة بين الشد السطحي واللزوجة حيث كلما كان الشد السطحي عالي هذا يعني ان اللزوجة عالية وبالعكس ، وبارتفاع الشد السطحي فان الفقاعات المتكونة نتيجة تفاعل الزجاج تنحصر ولا تستطيع النفاذ بسهولة . (Singer & Singer , ١٩٦٣ , P.٥٦).

↑ Increase Surface Tension Lowers Surface Tension	HIGH SURFACE TENSION	HIGH VISCOSITY	↑ Increase Fluidity ↓ Viscosity
	Alumina	Alumina	
Magnessia	Zirconia	Zirconia	
Zirconia	Calcia	Tin oxid	
Calcia	Tin oxid	Baria	
Tin oxid	Zinc oxide	Titania	
Zinc oxide	Strontid		
Strontid	Barid		
Barid	SILICA	SILICA	
SILICA	Titania	Magnessia	
Titania	Boric Oxide	Calcia	
Boric Oxide	Lithia	Strontia	
Lithia			

Lead oxide	Zinc oxide
Soda	Boric oxid
Potash	Lithia
	Soda
	Potash
	LOW VISCOSITY

الجدول (٢-٢) يبين الاكاسيد المكونة للزجاج في علاقتها باللزوجة و الشد السطحي
(Hamer , ١٩٧٥ , P. ٢٨٧) .

وضع الباحثين قيم الشد السطحي في درجة حرارة (٩٠٠) م و التي من خلالها
يتم حساب الشد السطحي للزجاج مع انخفاض اربع وحدات داين /سم^٣ لكل مئة درجة
حرارية عند ارتفاع درجة الحرارة و الشد السطحي للزجاج السليكي هو حوالي ٣٠٠
داين /سم^٢ او ضمن مدى من (١٣٠-٥٠٠) داين / سم^٢ .

التسلسل	الاكاسيد	معامل الشد السطحي
١	BaO	٣.٧
٢	SiO _٢	٣.٤
٣	TiO _٢	٣.٠
٤	Na _٢ O	١.٥
٥	PbO	١.٢
٦	B _٢ O _٣	٠.٨
٧	K _٢ O	٠.١
٨	Fe _٢ O _٣	٤.٥
٩	CoO	٤.٥
١٠	NiO	٤.٥
١١	MnO	٤.٥
١٢	ZnO _٢	٤.١
١٣	CaF _٢	٣.١
١٤	MgO	٦.٦
١٥	Al _٢ O _٣	٦.٢
١٦	N _٢ O _٣	٦.١
١٧	CaO	٤.٨
١٨	ZnO	٤.٧

٤.٦	Li ₂ O	١٩
-----	-------------------	----

والجدول رقم (٣-٢) بين ثوابت معامل الشد الشطحي للمواد في درجة ٩٠٠م دايين /سم

للسبب المثوية لتركييب الزجاج نقلاً عن (Singer & Singer , ١٩٩٣ , p٥٦) .

٩- ١- ٢ الكاؤلين

وهو طين ابتدائي متكون بالقرب من الصخور الام الفلدسبار ويعبر عنه بالصيغة الكيميائية (Al₂O₃. ٢SiO₂. ٢H₂O) أي سليكات الالمنيوم المائية وهو من اهم معادن الطين الموجودة ضمن مجموعة الكاؤلينات وهي الكاؤلين (kaolin) - ديكات (Dikat) - نكرائيت (Necrite) . (علام ، ١٩٦٤ ، ص١٥١) ويمتاز بخشونة حبيباته وكونه غير لدن مقارنة بالاطيان الرسوبية .

وهو ذو درجة حرارة أنصهارية تصل الى (١٨٠٠م) وذلك لنقاوته العالية (١٩٥٨ - Rhodes P. ٢٠) يتبلور في فصيلة الميول الثلاثية والبلورات صغيرة جداً ويوجد المعدن على شكل كتل طينية متماسكة (البصلي ومحمود ، ١٩٨٠ ، ص١٩٩) ، اما لوانه فهو أبيض في الانواع النقية ورمادي أصفر بحسب الشوائب والصلابة (٢ Masonand) للبلورات والكثافة (٢.٦) ومعامل الانكسار (١.٥٦-١.٥٧) كمعدل . (Berry - ١٩٦٨ , P. ٤٤٣) وهناك نوع من انواع الكاؤلين المكتشفة حديثاً في القطر في الصحراء الغربية في منخفض كعره في منطقة دويخلة التي تبعد (٦٠ كم) عن مدينة الرطبة في محافظة الانبار .

وهذا الكاؤلين العراقي المستخرج من عمق (٩.٧م) ذو تحمليه عالية لدرجات الحرارة العالية حيث يتحمل اكثر من (١٥٠٠م) ذو لون رمادي فاتح (العبيدي ، ١٩٩٢ ، ص١٨) وفيما يأتي جدول يبين نتائج التحليل الكيميائي لكاؤلين دويخلة .

المادة	SiO ₂	AlO ₂ ^٣	Na ₂ O	K ₂ O	CaO	MgO	Fe ₂ O ₃	L.O.I	TOTAL
كاؤلين محروق	٥٤.٩٤	٤١.٣٧	٠.٢٨	٠.٤٦	٠.١٩	٠.٣٨	١.١١	--	٩٨.٧٣
كاؤلين غير محروق	٤٧.٦٢	٣٥.٨٦	٠.٢٥	٠.٤٧	٠.١٧	٠.٣٣	٠.٩٧	١٢.٨٨	٩٩.٦٢

الجدول (٢ - ٤) نتائج التحليل الكيماوي لكاؤلين (دويخلة) المحروق وقيير المحروق

١٠- ١- ٢ تربة العراق الزراعية (السهل الرسوبي)

لقد مارس العراقيون القدماء الزراعة منذ العصر الحجري الحديث بعد ان استوطنوا في قرى صغيرة وأخذ ينتج قوته بيده (باقر ، ١٩٧٣ ، ص١٦٤) ومنذ ذلك الحين مارس هؤلاء المزارعون الزراعة وتربية الحيوانات وتدجينها او ربما قبل هذه الفترة ، وقد عثر على اول تقويم زراعي مكتوب بالخط المسماري كتبه السومريون واحتوى على نصائح وارشادات زراعية كان قد عرفها العراقيون القدماء القدماء .

عرف العراقيون القدماء الكثير من النباتات والحيوب والاشجار وطرق تكاثرها وزراعتها (سلمان ، ١٩٨٣ ، ص ١٩٤) والتربة بشكل عام لدى الجيولوجيين هي الطبقة العليا القشرة الارضية والتي تغطي المعادن والصخور وتختلف بمكوناتها وسمكها باختلاف مناطق تكوينها ، وتنفرد عن المواد الصخرية الاخرى لسطح الارض بترتيب مكوناتها وصفاتها مع العمق على شكل آفاق (طبقات) لها علاقة بالسطح الحالي للارض ، وكذلك تنفرد من خلال الفعاليات الحياتية ، فهي الوسط الذي ينمو فيه النبات

خلافاً للصخور الام المسؤولة عن تكوين التربة . والتربة هي الرواسب الطبيعية المتكونه من المعادن والمواد العضوية المتفاضلة بشكل آفاق توجد بأعماق مختلفة وتختلف عن المكونات الصخرية التي تحتها بالشكل والمكونات الفيزيائية والتركيب الكيماوي والميزات الحياتية (الدباغ ، ١٩٦٤ ، ص ٨١) وترب العراق مختلفة في ما بينها نتيجة لاختلاف عوامل تكوينها ، علاوة على وجود فروقات فيزيوغرافية مختلفة ضمن الوحدة الواحدة ، ويعود ذلك الى اختلاف الرليف والميكرو رليف ، واختلاف المادة الام وعمر التربة ، وبما ان بداية الزراعة كانت في هذه التربة حيث لا توجد أرض بكر فنرى ان العامل البشري يدخل ضمن عوامل تكوين التربة (العاني ، ١٩٨٤ ، ص ٣٣٥) .

ونتيجة للري المستمر والفيضان نجد أن الاراضي العراقية تكتسي سنوياً بطبقة من الترسبات النهرية والغبار وبمرور الزمن يزداد عمق التربة ، حيث نرى الارض التي استغلت في العصور القديمة مطموره بطبقة من الطماء سمكها عدة امتار وهذه الترسبات لاتعد تربة مالم يحصل عليها تغير بسبب عوامل تكوين التربة وخاصة نمو النباتات ان هذه الترسبات ادت الى ظهور مشكلات التعرية في شمال العراق ومشكلة الملوحة في وسط العراق وجنوبه .

لقد بدأت ملوحة التربة منذ أواخر مايسمى بعصر فجر السلالات ن حيث بدأت اخطارها وازدادت بمرور الزمن حتى بلغت المنطقة الوسطى (بلاد اكد) ، (لويد ، ١٩٨٠ ، ص ١٥) وتعتبر الملوحة لدى العراقيين من الآفات والعقوبات الالهية التي تحل بالبشر .

وقد ميز بين نوعين من الملوحة مما يشاهد في تربة العراق الآن ، الاول اسمه بالسومرية بصيغة (من) (Mun) والبابلية (طبتم) وهو ذو لون أبيض وهو مايعرف بأسم الشورة الان ويدخل في تركيبه ملح الطعام ، والثاني نسميه الآن (السبخ) وهو ذو لوم اسمر داكن وعبر عنه السومريون بالكلمة (نيمر) (Nimur) والبابلية (ادراتم) (باقر ، ١٩٧٣ ، ص ٣٩) ولعل هذا كان من الاسباب التي أدت الى انتقال السلطة السياسية من الجنوب (السومريين) الى الوسط (بلاد اكد) .

٢-١-١ خواص الترب المتأثرة بالملوحة في وسط العراق وجنوبه

١- قوام التربة Soiltexture

لقد بينت الدراسات التي أجريت على الترب العراقية بانها ذات محتوى رملي قليل خال من الرمل الخشن وعلى نسبة عالية من الغرين والسبب هو وجود كميات كبيرة من الغرين يعود الى استغلال الارض لفترة طويلة في الزراعة واستمرار سقيها من نهري دجلة والفرات .

٢- كاربونات الكالسيوم

تحتوي التربة العراقية بصورة عامة على ٢٠ - ٣٠% من كاربونات الكالسيوم نتيجة التعرية في المنطقة الشمالية وتقل كاربونات الكالسيوم مع مجرى النهر الى اراضي وسط العراق وجنوبه تعد هذه النسبة من كاربونات الكالسيوم مفيدة لتحسين بعض الخواص الفيزيائية للتربة ، حيث تعمل على خفض القيمة والسعة التبادلية الكاتيونية .

تكون السعة التبادلية الكاتيونية للتربة العراقية عالية وذلك نتيجة لوجود تراكيز عالية من معادن الطين التي تظهر صفة التمدد والتقلص ، فقد وجد ان معادن طين المونتوريلونايت والمايكا تشكل ، الاساس في تجديد قيمة السعة التبادلية (الراشدي ، ١٩٨٧ ، ص ١٧٥-١٧٦) .

١- ٢- ١ تغذية النباتات

يختلف وجود النباتات ونموها باختلاف التربة وعموماً لكي ينمو النبات بصورة جيدة لا بد من ان تتوافر له عوامل داخلية وعوامل خارجية تتعلق بالظرف المحيطة كالمناخ وقد اثبتت الدراسات التي اجراها المختصون ضرورة توفر (١٦) عنصراً غذائياً لكي ينمو النبات ويجب ان تكون هذه العناصر بحالة يمكن ان يستعملها النبات وبكميات كافية ، وتنقسم هذه العناصر الى قسمين رئيسيين تبعاً للكمية التي يستهلكها النبات وهما (عبد القادر و اخرون ، ١٩٨٢ ، ص ١٢٢)

A - العناصر الكبرى (Macro - elements)

وتشمل الكربون C والاكسجين O والهيدروجين H والنيتروجين N والفسفور P والبوتاسيوم K و المغنيسيوم Mg والكبريت S .

B - العناصر الصغرى (Micro - elements)

الحديد Fe والنغنيز Mn والنحاس Cu والزنك Zn والبورون B والموليبدينوم Mo والكلور Cl والكوبلت Co واليود I .

تجهز هذه العناصر من خلال تجوية المعادن وتحليل المادة العضوية فيمتصها النبات وهي جاهزة ومن المهم ان نشير هنا الى مبدأ (توازن التربة) فوجود زيادة في عنصر ما بصورة جاهزة يؤدي الى نقص عنصر اخر ، ومن هنا نفسر نقص البوتاسيوم في التربة وذلك لوجود كميات عالية من الكالسيوم و المغنسيوم اللذان يؤثران على امتصاص البوتاسيوم من النبات ، تمتص هذه العناصر الغذائية الجاهزة من محلول التربة أو سطوح غرويات التربة على شكل ايونات موجبة او سالبة والجدول الاتي يبين الصيغ الاساسية للعناصر التي تمتصها النباتات (العاني ، ١٩٨٤ ، ص ١٤٣ - ص ١٤٥) (الراشدي ، ١٩٨٧ ، ص ٤٠٧) .

العنصر	الرمز الكيميائي	الصيغة التي تمتص من قبل النبات
"العناصر الكبرى"		
النيتروجين	N	NO_3^- , NH_4^+
الفسفور	P	$H_2PO_4^-$, HPO_4^{2-} , PO_4^{3-}
البوتاسيوم	K	K^+
الكالسيوم	Ca	Ca^{++}
المغنيسيوم	Mg	Mg^{++}
الكبريت	S	SO_4^{2-}
"العناصر الصغرى"		
المنغنيز	Mn	Mn^{++}
الحديد	Fe	Fe^{++} , Fe^{+++}
البورون	B	BO_3^-
النحاس	Cu	Cu^{++}

MoO ₄ ⁻	Mo	المولبيدوم
Cl ⁻	Cl	الكلور
Zn ⁺⁺	Zn	الزنك

الجدول (٢ - ٥) يبين الرمز الكيميائي والصيغة الأيونية للعناصر الأساسية التي تمتصها جذور النباتات نقلا عن (العاني ، ١٩٨٢ ، ص ١٤٥) .

جاهزية العناصر في التربة

١- ١٢- ١- ٢ العناصر الكبرى Macro-elements

١- البوتاسيوم Potassium

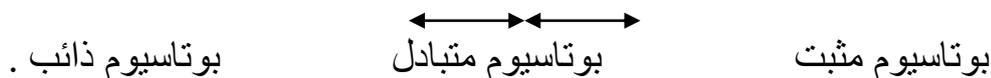
وهو العنصر الثالث من العناصر الكبرى والذي يحتاجه النبات بكميات كبيرة (العاني ، ١٩٨٤ ، ص ١٢٥) .

- جاهزيته

يمتص النبات البوتاسيوم على صيغة أيونية K⁺ وكما ذكرنا سابقاً فإن صيغ البوتاسيوم الجاهزة لامتصاص من قبل النبات هي البوتاسيوم الذائب في محلول التربة وكذلك البوتاسيوم المتبادل على سطوح غرويات التربة ، إضافة الى ذلك فإن الصيغ الأخرى المتوافرة في التربة تتحول ببطأ الى بوتاسيوم جاهز وذلك للمحافظة على توازن البوتاسيوم في التربة وهذا التحول يتأثر بعوامل عديدة فتحرر البوتاسيوم من المعادن الحاملة له مثلاً يعتمد على درجة تعقيد المعدن وعلى شدة عملية التجوية وعلى تأثير الحوامض المذيبة كحامض الكربونيك وغيرها من العوامل الأخرى (الراشدي ، ١٩٨٧ ، ص ٣٥٣) .

أما بالنسبة للبوتاسيوم المثبت فإن تحوله الى بوتاسيوم جاهز ذي أهمية تطبيقية لا يمكن تجاوزها ، إذ ان النبات لا يستفيد مباشرة من البوتاسيوم المثبت ولكنه يعد احتياطياً للبوتاسيوم في التربة .

أن إضافة البوتاسيوم الى التربة على صورة سماد يؤدي الى زيادة تركيزه في محلول الترب ، ومن ثم فإن جزءاً منه يتحول الى الصورة المتبادلة وجزءاً آخر يثبت ، ولكن مع امتصاص النبات للبوتاسيوم من محلول التربة فإن ذلك يؤدي الى قلة تركيزه في المحلول ، ومن ثم يتحرك البوتاسيوم المتبادل الى المحلول وعندها يزداد معدل تحلل البوتاسيوم المثبت الى بوتاسيوم متبادل لتحقيق حالة التوازن equilibrium الممثلة بالمعادلة الآتية :-



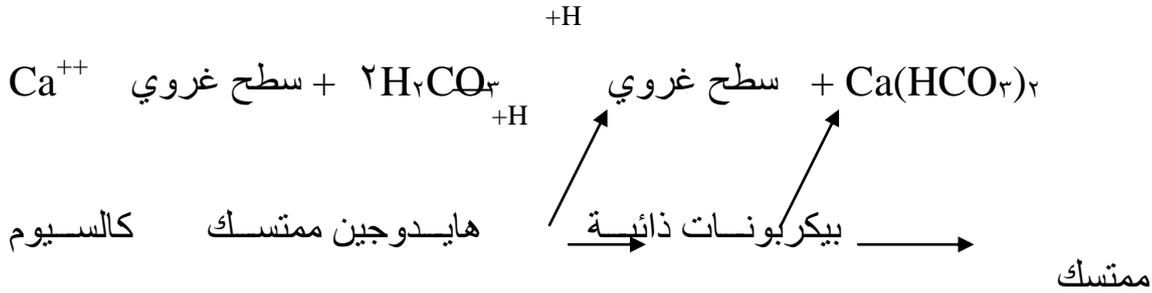
٢- الكالسيوم Calcium

الكالسيوم ضروري لجميع النباتات العليا . إن وجود الكالسيوم في النبات يظهر في توازن دقيق مع عناصر المغنسيوم والبوتاسيوم والبورون ، والاخلال بهذا التوازن يؤدي الى الاخلال بوظائف النبات ، ويمكن حصر تأثير الكالسيوم على نمو النبات حيث يؤثر على امتصاص النبات للعناصر الغذائية الأخرى كالمغنسيوم والبوتاسيوم والبورون وغيرها . (العاني ، ١٩٨٤ ، ص ١٥٦)

- جاهزيته

ان النباتات تمتص الكالسيوم على صورة (Ca⁺⁺) وهو يختلف عن الفسفور والبوتاسيوم في ان جميع الكالسيوم المضاف الى التربة على شكل مركبات بسيطة يكون جاهزاً بالنسبة للنباتات حتى يزال من التربة بواسطة الغسل او بامتصاص النبات

له وربما العملية الوحيدة التي يمكن ان يثبت بها الكالسيوم هي اتحاده بالفوسفات في الترب متوسطة الحموضة والترب القلوية ، اما الكالسيوم المتمسك على سطوح غرويات التربة فيمكن ان يطلق الى المحلول بسهولة . (الراشدي ، ١٩٨٧ ، ص ٤٠٨) بواسطة التبادل مع الايونات الموجبة الاخرى كما في التفاعل الآتي :



(الراشدي ، ١٩٨٧ ، ص ٤٠٨)

٢ - المغنيسيوم : Magnesium

المغنيسيوم اساسي وضروري لجميع النباتات الخضراء اذ انه يدخل في تركيب مادة الكلوروفيل وبدونه لاتستطيع النباتات الخضراء القيام بعملية التركيب الضوئي ويبدو انه يؤدي دوراً مهماً في تمثيل الفسفور في النبات (Phosphorous metabolism) ويعد اساسياً لتنشيط عدد من الانزيمات ، كما انه يشجع على تكوين الزيوت والدهون في النبات ويسهم في انتقال النشأ من مكان الى اخر .

- جاهزيته

تمتص النباتات المغنيسيوم بصورة ايونية بنفس الطريقة التي تمتص بها الكالسيوم ويراجع بشأن جاهزيته ما ذكر عن الكالسيوم .

٢-١-٢-١ العناصر الصغرى Micro-elements

١- الحديد Iron

لايعرف بالضبط لحد الان فعل الحديد في نمو النبات ، ولكن يبدو انه يؤدي دوراً مهماً في تفاعلات الاكسدة والاختزال وذلك لدوره كعامل للانزيمات التنفسية مثل انزيمات (Cytochrome , Peroxidase, Catalase) في النظام الانزيمي للنبات ، كما انه ايضاً يساعد في تكوين الكلوروفيل ولكنه لايدخل في تركيبه ، ووجد ايضاً انه مهم في تركيب البروتينات في البلاستيدات الخضراء Chloroplasts (عبد القادر ، ١٩٨٢ ، ص ٤٤١-٤٤٢) .

جاهزيته

ان الصورة الايونية التي يوجد بها الحديد في التربة اما حديديك Fe^{+++} او حديدوز Fe^{++} حيث يوجد الاخير في التربة الغدقة في الظروف اللاهوائية وتحول الظروف من اللاهوائية الى هوائية يؤدي الى تحول الحديدوز مباشرة الى حديديك .

يمتص الحديد بصورة حديدوز Fe^{++} وهي الصيغة المهمة للعمليات النباتية وقد يمتص النبات الحديديك Fe^{+++} او على هيئة املاح عضوية معقدة وهناك عدة عوامل تؤثر على جاهزية الحديد للنبات اهمها :-

- ١- درجة تفاعل التربة pH حيث يكون جاهزاً تحت الظروف الحامضية ، وكلما زادت الـ pH قلت جاهزيته حيث تظهر اعراض تقصه على النبات عندما تكون درجة التفاعل أعلى من (٨) .
- ٢- اضافة كميات كبيرة من السماد الفسفوري يؤدي الى قلة جاهزية الحديد حيث يقل امتصاص الحديد عند وجود كميات كبيرة من الفوسفات .
- ٣- يعتقد ان وجود نسبة عالية من ايون البيكربونات في التربة يخلق ظروفاً فسيولوجية داخل النبات تعيقه عن استخدام الحديد .
- ٤- لوحظ ان اضافة عنصر المنغنيز يسبب اعراض نقص الحديد ويعتقد ان السبب في ذلك هو التنافس بين الحديد والمنغنيز .

١- ١٢- ٣- العناصر الاثرية Trace Elements

هنالك بعض العناصر لاتعد ضرورية للنبات على الرغم من حاجة النبات لها ومنها الصوديوم والسلكون والالمنيوم . (عبدول ، ١٩٨٨ ، ص ١٩) .

١- الصوديوم Na

يعد الصوديوم سادس عنصر معدني من حيث انتشاره على الكرة الارضية ومن الناحية التاريخية كان الاعتقاد سائداً بان الصوديوم من العناصر الضرورية للنبات ، ولكن هذا الرأي فند في سنة ١٨٦٠ حيث ثبت ان الصوديوم من العناصر غير الضرورية ولايمكن الاستفادة من هذا العنصر في داخل النبات الا في احلاله الجزئي محل عنصر البوتاسيوم وفي حدود ١٩٥٠ تأكد لمعظم الباحثين ان عنصر الصوديوم ضروري للنبات ولذلك عد من العناصر الغذائية الصغرى الضرورية لبعض النباتات. (تسديل . نيلسون ، ١٩٨٧ ، ص ١٢٩)

أن ايونات الصوديوم ترافق ايونات الكلور في معظم فعاليتها. ويمكن تلخيص اهمية الصوديوم بالاستناد الى ملر (Miler ١٩٣٨) مايلي :-
يمكن ان يحل الصوديوم محل البوتاسيوم في بعض النباتات وكذلك يقوم بجذب الرطوبة من الجو كما يجذب الماء التربة الموجود في الاعماق . ويساعد على تقنيت الفوسفات الغير قابلة للذوبان وتحويلها الى فوسفات جاهزة للنبات (الريس ، بلا ، ص ١٢٣ - ١٢٤) .

٢- السليكون Si

ان اساسية السيلكون لنمو النباتات العليا موضع نقاش كما ان مقالات متلاحقة حديثة . اكثرها من اليابان افترضت ان السيلكون ضروري لنبات الرز وربما محاصيل اخرى بضمنها الشعير . (تسديل ، نيلسون ، ١٩٨٧ ، ص ١٢٩)
ويعتقد ان نقص السيلكون في نبات الرز سيقلل مقاومتها تجاه الامراض النباتية واصابتها بالحشرات ، اما وظيفة السيلكون او دوره في الحيوية النباتية فما زال بدون جواب مطروحاً لباحثي المستقبل في اثباته . وقد نشر تايلور (Taylor ١٩٦١)
خلاصة عن البحوث المنشورة حول اهمية السليكون او السيلكات في تحويل فوسفات التربة الى شكل جاهز للامتصاص من النباتات (الريس ، بلا ، ص ١٥٠) وبذلك فهو من ضمن العناصر الغذائية التي يحتاجها النبات (عبدول ، ١٩٨٨ ، ص ١٩) .

٣- الالمنيوم Al

من التجارب الدقيقة التي أجريت لتثبيت اهمية الالمنيوم او ضرورته للنباتات هي تجربة (Sommer ١٩٢٦).

ومن الثابت ان الالمنيوم والسليكون موجودان في جميع انواع التربة ولذلك يصبح من الممكن ان نجد هذين العنصرين في الوزن الجاف للنباتات بتركيز ٥٠% حيث ان وجود هذين العنصرين بهذه التراكيز العالية في التربة سوف لا يمنع دخوله او امتصاصه من النبات سواء كان هذا النبات بحاجة الى هذين العنصرين ام لا ويستعمل الالمنيوم كمحمض للتربة ولخلق محيط حامضي للتربة خاصة للنباتات المحبة للحوامض ، اما كيفية تحميض الالمنيوم للتربة فيمكن توضيحه استناداً الى ايونات الالمنيوم التي تحل محل الكالسيوم ولذلك يزداد الاس الهيدروجيني للتربة (الريس ، بلا ، ص ١٥١-١٥٢) .

٢-٢ الدراسات السابقة

٢-٢-١ دراسة وسيج - ١٩٨٩ (الترب العراقية وصلاحيتها للخرف)

تهدف الدراسة الى اختيار نماذج من الاطيان العراقية من اماكن مختلفة ودراستها بواسطة وسائل علمية حديثة في تحليل وتشخيص مكونات هذه الاطيان ومعالمتها حرارياً وامكانية عمل اجسام فخارية وملاءمتها لانواع مختلفة من التزجيج .

قام الباحث بدراسة اثني عشر نموذجاً من الاطيان العراقية ومن مناطق مختلفة لتحليل وتشخيص مكونات الترب ومعالمتها حرارياً وامكانية عمل اجسام فخارية ومدى ملاءمة الاجسام لانواع مختلفة من التزجيج ودراسة تأثير هذه الاطيان على الناتج اللوني وذلك لبيان صلاحيتها للخرف .
الاجراءات :-

اقتصرت البحث على اثني عشر نموذجاً جلبت من مناطق مختلفة من العراق ومنها طينة دويخلة (المستخدمة في البحث الحالي) .

قام الباحث بأجراء عدد من التحاليل ومنها التحليل الكيمياوي المعدني والتحليل الحراري التفاضلي كما استخدم نوعين من الزجاج الشفاف الواطئ الحرارة (الزجاج القلوي - زجاج الرصاص) توصل الباحث الى جملة من النتائج ذات العلاقة بالبحث الحالي .

- الفحوصات الفيزيائية

المسامية	الكثافة	الوزن النوعي	الطينية
٣٤	١.٧٨	٢.٦٩	دويخلة

- نتائج قياس اللدونة

الطينية	يدوية	بفركون	يحتوي الماء
دويخلة	٤٠	٣٨.٨	٣٩.٧٧ - ٣٢.٣٣

الجدول (٦-٢) يبين نتائج مقياس اللدونة لطينة دويخلة

- قياس التقلص الطولي

الطينية	الطول لطري	نسبة التقلص بعد الجفاف	نسبة التقلص الطولي بعد الحرق

دويخله	١٠٠	١٢.٨	١٣.٨
--------	-----	------	------

الجدول (٢ - ٧) يبين نتائج مقياس التقلص الطولي لطينة دويخله

- تأثير الطينة على الناتج اللوني للزجاج وكانت كما يأتي :-
لوحظ ان الزجاج كان فاتح اللون لاحتواء الطينة على نسبة قليلة من اوكسيد الحديد.

٢- ٢- ٢ دراسة المشايخي ١٩٩١ (استخدام الخامات العراقية لانتاج خزف عالي الحرارة)

هدف الدراسة

امكانية استخدام اطيان محلية لانتاج خزف عالي الحرارة بعد تحسين خواصها باضافة مواد محلية غير لدنة .

الاجراءات

استخدم المشايخي طينة دويخله من تكوين (الكعرة) و اضاف اليها المواد المحلية غير اللدنة الاتية :-
١-رمل ارضمة ابيض .
٢-كاربونات الكالسيوم .
٣- الدولمايت (كاربونات الكالسيوم - المغنسيوم)
٤- مسحوق الفخار .

أعد الباحث ست عشر خلطة من طينة دويخله ، وقام بأضافة المواد غير اللدنة اليها . وتم تشكيل النماذج بواسطة الكبس شبه الجاف (Semi-dry) وحرقت النماذج بدرجات حرارة (١٠٥٠ م - ١١٥٠ م - ١٢٥٠ م) كذلك قام الباحث بتهيئة زجاج عالي الحرارة من مواد محلية ، للتطبيق على النماذج الفخارية ، فأختار زجاج رماد سعف النخيل و هو واحد من انواع الرمادات المستخدمة في البحث الحالي .

وقام باجراء التحليل الكيماوي لهذا الرماد ، وكانت النسب المؤوية لمكونات العناصر على ماياتي:

(TiO₂ ١.٥) (Al₂O₃ ١.٧٣) (Fe₂O₃ ٠.٩) (SiO₂ ٨.٦٩) (Na₂O ١.١٢)
(SO₃ ٠.٢٢) (MgO ٢.٨١) (CaO_٤ ٥.٩٨) (L.O.I. ٣٥ . ٥٨) (Cl ٠.١٣٨)
(K₂O_٢ ١.٢٨) (ToTal ٩٨.٨٣)

وقام بعمل تجارب الزجاج مضيفاً كلاً من المواد الاتية اليه لتعديل مواصفاته .

١-طينة النهروان .

٢- كاربونات الكالسيوم .

٣-فلدسبار بوتاسي .

وكانت اهم النتائج ذات العلاقة بالبحث الحالي هي :-

- ١ - امكن تكوين خلطات زجاج الرماد من مواد محلية حيث ظهرت النتائج متقاربة في اللون والخواص لجميع نماذج الخلطات وتوافقها مع الاجسام الخزفية وعدم ظهور مشاكل او عيوب.
- ٢- تميزت الوان زجاج الرماد بالوان مائلة الى الخاكي المخضر او المحمر واحيانا يحتوي على لون عسلي .

٢-٢-٣ دراسة الهنداوي -١٩٩٧ (امكانية استخدام خامات محلية لانتاج زجاج خزف معتم) هدف الدراسة

يهدف الهنداوي في دراسته الى امكانية استخدام خامات محلية لانتاج زجاج معتم ومعرفة درجات العتمة التي يحدثها استخدام بعض المواد بنسب مختلفة ومعرفة الدرجة اللونية والملمس (درجة الخشونة) ، ومعرفة المديات الحرارية لانتاج افضل انواع العتمة.

وكذلك معرفة اختلاف النتائج باختلاف الزجاج ، واهم مشكلات الزجاج الناجمة من احتوائه على المواد المعتمة وملائمة الاطيان العراقية والمواد المضافة الى هذا الزجاج .

الاجراءات

استخدام الباحث نوعين من الاطيان العراقية وهي طينة خان بني سعد وكاولين دويخلة المستعملة في البحث الحالي لكي يحصل على نوعين من الاطيان المتفاوتة بدرجات حرارة النضج .

كما حضر الباحث وصفات للزجاج (الرصاص الاحمر - كاربونات الصوديوم) ، وقام بادخال الاكاسيد الاتية كمعتمات .

RO	R ₂ O ₃	RO ₂
CaO	Al ₂ O ₃	SiO ₂
MgO	شوائب Fe ₂ O ₃	P ₂ O ₅

الجدول (٢-١) يبين ادخال المواد المعتمة على وصفة الزجاج

والغازات المسببة للعتمة

- ١-ثنائي اوكسيد الكربون Ca₂
- ٢-ثنائي اوكسيد الكبريت SO₂
- ٣- الهواء Air

وكانت اهم النتائج ذات القلاقة بالبحث الحالي

- ١- ان درجة الحرارة ذات تاثير مهم في ثبات العتمة في الزجاج حيث ان ارتفاعها او انخفاضها قد يزيد او يقلل من درجة العتمة
- ٢- يؤدي ارتفاع نسبة الفقاعات في طبقة الزجاج الى زيادة درجة العتمة من خلال تشتيت الضوء الابيض وبالتالي تميل العتمة الى البياض .
- ٣- كلما انخفضت درجة الحرارة الايو تكتيكية للخلطة ازدادت نسبة الفقاعات في الزجاج وذلك بسبب تكوين اللزوجة المبكر .

- ٤- ان درجة الحرارة الايوتكتيكية للخلطة لها تاثير كبير في زيادة العتمة من خلال ارتفاع ينسبة الزائد عن المحلول الايكتيكي ويزداد تاثير هذه الدرجة كلما ازدادت سرعة الحرق
- ٥- ارتفاع نسب المواد القاعدية في الزجاج يزيد من مقاومته للقواعد ويقلل مقاومته للحامض اما ارتفاع نسب السيلكا فيزيد من مقاومته اتجاه الحوامض والقواعد .

الفصل الثالث أجراءات البحث

٣- ١ المنهج المستخدم

لتحقيق اهداف البحث بصورة علمية ،والوصول الى نتائج يتم حسابها بدقة ،تم اختيار المنهج التجريبي الذي يعد اكثر انواع البحث العلمي دقة لكونه يقوم اساساً على اسلوب التجربة العلمية التي تكشف عن العلاقات السببية بين العوامل المتضمنة والمؤثرة فيها(الزروعي والغنام ، ١٩٨١ ، ص ٨٧).

٣- ٢ اختيار العينات

تم اختيار العينات قصدياً ، حيث شملت :-

- ١- مواد نباتية مختلفة من ثلاثة اصناف من منطقة الفرات الاوسط (الحلة تحديداً) وذلك لانها تمثل نموذج للترب في الفرات الاوسط ومن المناطق ذات الانتاج الزراعي الواسع .
١-نباتات برية طبيعية متوفرة في المنطقة بكثرة .
- ٢-مخلفات زراعية كالفشور والاوراق والنواة تتوفر بكثرة في مواسم الحصاد ويتم التخلص من منها .

٣-أغصان نباتات (أخشاب صلدة).

٢- اختيار الطينة المطبق عليها الزجاج

تم اختيار طينة كاؤولين دويخله وذلك من خلال الدراسات السابقة التي اطلع عليها الباحث والمعلومات المتوفرة عن هذا النوع من الاطيان حيث انها ذات مقاومة لدرجات الحرارة العالية وهذا ما يلائم هذا النوع من الزجاج (Stone ware) كونه يصنف ضمن انواع الزجاج العالي الحرارة .

٣- ٣ اختيار العينات النباتية

تم اختيار العينات النباتية لتشمل خمسة عشر نوعاً من النباتات والتي تتضمن :-

١ - نباتات برية

- ❖ لطرفة (Tamaix mannifera)
- ❖ الطرطيع (Schanginia aegyptiaca)
- ❖ الشوك (Alhagi camelorum)

❖ قصب البردي (Typha angustata)

٢- مخلفات نباتيه :-

- ❖ قشور الرز (Oryza sativa)
- ❖ تبن حنطة (Triticum aestivum)
- ❖ تبن شعير (Bavleystvaw)
- ❖ سعف نخيل (Leaf of Date Palm)
- ❖ نواة التمر (Phoenix Dactyli Fera)
- ❖ كالح ذرة (Zea mays)

٣- اغصان نباتات صلبة وهي :-

- ❖ توت - ابيض (Morus alba) - توت اسود (Morus nigra)
- ❖ قوغ (Populus alba)
- ❖ جذع نخيل (Phoenix dactylifera)
- ❖ نارنج (Citrus medica)
- ❖ يوكالبتوز (Eucalyptus bicolor)

٣- ٤- تهيئة المواد النباتية

قام الباحث بتهيئة الانواع المحددة والداخلة في البحث وحسب شروط اختيار النباتات ومواقعها الجغرافية في مدينة الحلة محافظة بابل داخل حدود البلدية وخارجها ، كما هي موزعة على الخارطة رقم (٣-١) .

شكل (٣-١) يبين المناطق الزراعية التي تم الحصول على النباتات منها (محافظة بابل)
(تم الحصول على الخارطة من دائرة زراعة بابل)

٣- ٥- حرق النباتات

بعد التأكد من نظافة المواد النباتية وخلوها من الشوائب والاجسام الغريبة .وضعت في افران صغيرة ومعدة لهذا الغرض وهي عبارة عن مكعبات مفتوحة من الاعلى بنيت من الطابوق الناري الذي رص بعضه فوق بعض بدون مواد رابطة وذلك لعدم تشطي الطابوق او المادة الرابطة عند الحرق وتسبب تلوث الرماد باجسام غريبة ولسلامة الحرق حيث وضعت النباتات بعد التأكد من نظافة أرضية الفرن وعدم وجود مواد غريبة فيها وتم حرقها بدون أي مادة مساعدة للاشتعال وبوجود تيار هوائي تركت النار مشتعلة فيه حتى تم الحرق وبصورة جيدة حيث غطية الافران من الاعلى برفوف افران وذلك لضمان عدم سقوط مواد غريبة فيه ، وتركت حتى تبرد وعندها جمع الرماد وهو عبارة عن مسحوق اسود الى رصاصي فاتح وعزبل بغريال (٦٠ Mesh) الحصول على رماد خالٍ من اجسام غريبة وخشنة ، ولضمان الحرق الجيد وتوحيد درجة الحرارة لاجزاء

الرماد كافة وتخلصه من نسبة الكربون ان وجدت . اعيد حرق النباتات في الفرن الكهربائي (افران الحرق النظيف) حيث وضعت الكميات داخل اوعية فخارية نظيفة وحرقت الى (٧٠٠ م) وعندها اخرج الرماد وقد تغيرت الوانه واصبحت الوان مختلفة حسب نوع النبات وازدادت نعومته وتخلصه من نسبة الكربون المتبقية حيث كان الحرق بشكل متساو لجميع اجزاء الرماد. وعندها وضع داخل اوعية زجاجية نظيفة معلمة استعمل مباشرة بدون غسله لضمان عدم حرمان الزجاج من المواد الصاهرة الذائبة في الماء .

٦.٣ تهيئة المواد

٦.٣-١ الطينة :-

تم الحصول على ١٠٠ كيلو غرام من كاؤولين دويخلة مطحونة من (الشركة العامة لصناعة الزجاج والسيراميك) في الرمادي .

٦.٣-٢ تحضير الكروك (Grog) كاؤولين دويخلة المحروق

تم الحصول على كمية من تراب كاؤولين دويخلة المطحون وضع على ارضية فرن كهربائي بعد التأكد من خلوها من الاجسام الغريبة حيث حرقت الكمية بدرجة ١٢٠٠م وعند وصول الدرجة المقررة تثبتت الحرارة لمدة ساعتين (Saoking) .

٦.٣-٣ تهيئة النماذج

بعد ان تم الحصول على حوالي مئة كيلو غرام من كاؤولين دويخلة مطحونة من (الشركة العامة لصناعة الزجاج والسيراميك) في الرمادي .تم تحضير الطينة بالطريقة اللدنة حيث توزن المواد حسب النسب المقررة واضيف لها كمية من مسحوق الفخار . وذلك لتقليل نسبة التقلص وزيادة مقاومة درجات الحرارة وتخفيض اللدونة ثم اضيف لها كمية مناسبة من الماء الى ان اصبحت الخلطة قابلة للتشكيل باليد وكانت الخلطة على مايتي :-

كاؤولين دويخلة ٨٠

مسحوق فخار ٢٠

٦.٣-٤ تشكيل النماذج

بعد ان عجنت الطينة جيداً تم تسويتها على ارضية خشبية (Board) محددة باطارات خشبية ذات سمك (١.٥ Sm) وتركت مغطاة بقطعة قماش الى اليوم التالي . حيث قطعت الى بلاطات وبابعاد ٨.٥ × ٤.٥ × ١.٥ Sm .

٦.٣-٥ تجفيف النماذج

تركت النماذج بعد تقطيعها الى اليوم التالي حيث وضعت بعضها فوق بعض ، وتركت وهي مغطاة بقطعة القماش وبعيدة عن التيار الهوائي الى ان جفت بصورة تامة .

حرق النماذج

١- تم اختبار الخلطة اعلاه بحرقها اعلاه بفرن كهربائي بقياس (٣٥×٣٥×٢٥sm) بدرجات حرارة بين ١٠٠٠ , ١٠٥٠ , ١١٠٠ , ١١٥٠ , ١٢٠٠ , ١٢٥٠ كل على حدى ، وقد تم التأكد من انها صالحة للاستخدام دون مشاكل كتل الانصهار والاعوجاج

٢- برنامج الحرق

تم وضع برنامج لحرق النماذج يضمن الحصول على جسم فخاري بمسامية وامتصاصية مناسبة لتطبيق الزجاج .

البرنامج .

- من حرارة الغرفة - ١٥٠ م بمعدل ١٠ م / ساعة

- من ١٥٠ م - ١٠٥٠ م بمعدل ٥٠ م / ساعة

٣-٧- الخواص الفيزيائية للنماذج الفخارية ٣-٧-١ الانكماش (التقلص الطولي)

الذي يحصل من جراء عمليات الجفاف والفخر وهو تناقص حجم الجسم الفخاري لسد المسامات التي يشغلها الماء والمواد العضوية بعد احتراقها في درجات حرارة عالية وقد قيست اطوال النماذج بالقدمة الفكية للنماذج وهي رطبة بعد التشكيل ثم قيست بعد التجفيف والعلاقة الآتية تمثل حساب التقلص الطولي بعد الجفاف بالنسبة الى الحالة الرطبة .

$$\text{Percent Linear of dry shrink age} = \frac{P_L - D_L}{P_L} \times 100 - 1$$

حيث P_L = الطول الطري
 D_L = الطول الجاف

وبعد الفخر بدرجة ١٠٥٠ م حيث خروج الماء الفيزيائي والكيميائي وتكون الطور الزجاجي بعد التفاعل بين مكونات الطينة والمواد الصاهرة حسب العلاقة الآتية :-
(Rhodes , ١٩٧٥ , P.٣١١)

$$\text{Percent Linear of firing shrink age} = \frac{P_L - F_L}{P_L} \times 100 - 2$$

حيث D_L = الطول الجاف
 F_L = الطول بعد الحرق

٣-٧-٢ الامتصاص

هو كمية الماء الذي يمتصه الجسم الفخاري والذي يشغل (المسامات) الناتجة عن عملية الفخر ، حيث يدخل الماء مكان المواد العضوية والماء المتبخر ، وعند استمرار الحرق الى درجات حرارة عالية وتتفاعل المواد الصاهرة (Fluxes) تقل عملية الامتصاص . ويتغير كمية امتصاص الماء حسب نوع الطينة ودرجة حرارة الفخر والمواد المضافة لها ، وحسب حجم الفراغ وكميته وتوزيعها في الجسم الفخاري والمسامية هي من الخواص المهمة في الطينة بعد الفخر وبواسطتها يتم تطبيق الزجاج على الجسم الفخاري (Clews , ١٩٧٧ , P ٢٧) .

وقد حسبت نسبة الامتصاص للنماذج بعد تجفيفها في فرن كهربائي ودرجة حرارة ١٢٠ م لمدة ٢٤ ساعة ووزنت بميزان حساس بعد التبريد ، ثم غطست النماذج في الماء لمدة ٢٤ ساعة مرة اخرى بعد اخراجها وهي مشبعة وازيل عنها الماء الزائد. والعلاقة الآتية تبين نسبة الامتصاص وحسب المواصفة: (ASTM , C٣٧٣-٧٢ , ١٩٨٥) .

$$\text{Water absorption} = \frac{W_w - D_w}{D_w}$$

حيث أن
 D_w = وزن النموذج المحروق وهو جاف
 W_w = وزن النموذج المشبع في الماء .

٣-٧-٣ المسامية الظاهرية (Apparent Porosity)

تؤثر درجة حرارة الحرق للأجسام الفخارية بشكل كبير على مساميتها حيث تقل نسبة امتصاص الماء وتزيد مقاومة التشققات والاجهادات الميكانيكية كقوة التحمل ، والمقاومة ضد التغيرات الحرارية المفاجئة والمسامية الظاهرية هي الفراغات المتكونة نتيجة حرق الاجسام الفخارية وتكون عادة متصلة عبر قنوات شعيرية هذه المسامات تسمح بدخول الماء الى الجسم الفخاري بسهولة. (Boch, 1989 P37) حسب المسامية حسب المواصفة الاتية :

(ASTM , C373 - 72 , 1985)

$$\text{Apparent Porosity} = \frac{W_b - W_a}{W_b - W_c} \times 100$$

حيث ان :-

W_a = وزن النموذج المحروق الجاف
 W_b = وزن النموذج المحروق مشبع بالماء
 W_c = وزن النموذج المحروق وهو مغمور بالماء

٣-٤- الكثافة الحجمية (Bulk Density)

تعتمد نسبة الكثافة الحجمية للأجسام الفخارية على درجة حرارة الحرق وفترة الانضاج وكمية المواد الصاهرة في تكوين الخلطة وتحدد الكثافة الحجمية التحملات الميكانيكية والحرارية للأجسام الفخارية وزيادتها تزيد المتانة والصلادة للجسم الفخاري تم حساب الكثافة الحجمية وفق العلاقة الاتية وحسب المواصفة :

(ASTM , 1985, P.75)

$$\text{Bulk Density} = \frac{W_a}{W_b - W_c} \times 100$$

حيث ان :-

W_a = وزن النموذج المحروق وهو جاف
 W_b = وزن النموذج المحروق وهو مشبع بالماء
 W_c = وزن النموذج المحروق وهو مغمور بالماء

وقد تم اجراء هذه الفحوصات الثلاثة السابقة الذكر في جامعة بغداد بكلية العلوم قسم علم الارض .

٣-٨ التحليل الكيميائي للطينة والرماد

١ - حللت الطينة لمعرفة تاثير الاكاسيد الملونة (اوأكسيد الحديد Fe_2O_3) على الزجاج .
 ٢- لبيان معرفة محتويات كل نوع من الرماد من اكاسيد معدنية ومواد صاهرة وكميات مختلفة حسب نوع النبات وحسب التربة الذي ينمو فيها .تم أخذ عينات من انواع الرماد ، وتم تحليلها كيميائياً في الشركة العامة للمسح الجيولوجي والتعدين ، حيث حللت العناصر الاتية في كل نوع من الرماد وذلك لتحديد نسبة القواعد الى السلوكيا وتحديد درجة انصهار المواد الداخلة في تكوين الرماد باستخدام الطريقة الرطبة في التحليل الكيميائي .

SiO ₂	السليكا
Al ₂ O ₃	الالومينا
CaO	الكالسيوم
K ₂ O	البوتاسيوم
Na ₂ O	الصوديوم

MgO	المغنسيوم
Fe ₂ O ₃	الحديد

الجدول (٣ - ١) يبين الاكاسيد التي تم تحليلها في نماذج الرماد .

وللتحليل الكيماوي اهمية كبيرة ، حيث يوفر لنا فهم تصرفات المركبات والعناصر التي يحتويها في ضوء كمياتها المختلفة ، يمكننا تفسير تأثيراتها في الزجاج .

٩- ٣ حساب الفقدان بالحرارة

تم صنع خمسة عشر بودقة صغيرة من الكاؤولين زائداً ٢٠% كروك ، وحرقت بدرجة حرارة ١٢٥٠ م° وتم وزنها بميزان حساس وهي فارغة ، ثم وضعت كمية من الرماد في كل واحد ووزنت مرة اخرى وحرقت مع الرماد الى ١٠٠٠ م° وبتثبيت الحرارة عند النضج (Saoking) ساعة واحدة . وبعد ان بردت تم وزنها بما تحتوي من الرماد ثم اعيدت الى الفرن وحرقت بدرجة حرارة ١٠٠٠-١٢٠٠ م° وبعد ان بردت تم وزنها مرة اخرى وتم حساب الفقدان بالعلاقة الاتية:-
المفقود = وزن المادة في درجة حرارة ٧٠٠ م° - وزن المادة في درجة حرارة ١٠٠٠ م° - وزن المادة في درجة حرارة ١٢٠٠ م° .

١٠- ٣ حساب القانون النسبي (وحدة الصيغة)

في ضوء نتائج التحليل الكيماوي تمت عملية حساب وحدة الصيغة حسب قانون (سكر) وعلى مايلي :-

- ١- نسبة الاوكسيد المئوية ÷ الوزن الجزيئي له
- ٢- تجمع نتائج القواعد معا
- ٣- تقسم نتائج الفقرة (١) على مجموع القواعد
- ٤- يكتب القانون النسبي (وحدة الصيغة) على اساس المجاميع الثلاث المكونة لخلطة الزجاج:



١١- ٣ تهيئة الرماد

بعد ان تم تجهيز كميات الرماد تم حرقها بدرجة حرارة ٧٠٠ م° وذلك لضمان عدم حصول انصهار في الرماد وعدم فقدان المادة العضوية بشكل كامل مما يجعل الرماد ذو لدونة وزوجة تؤدي الى اسقراطية على الجسم الفخاري اثناء التزجيج اخذت مئة غرام من كل نوع الرماد واضيف اليها كمية مناسبة من الماء حيث اصبح المزيج ذا قوام كثيف وعندها خلط جيداً في هاون بورسلين ومرر المزيج بغربال ١٢٠ mesh .

١٢- ٣ كثافة مستحلبات الرماد (Density of Slip Ash)

بعد ان تم وزن ١٠٠ غم من الرماد وازافة الماء اليها تدريجياً مع الخلط بحيث يصبح المحلول باعلى كثافة ممكنة وبأقل كمية من الماء لكي يمكن تطبيقه على النماذج الفخارية بدون مشاكل مثل تشبع الجسم الفخاري بالماء دون الحصول على سمك مناسب لطبقة الزجاج . تم حساب كثافة مستحلبات الرماد وفق العلاقة الاتية :- (Griffith , ١٩٥٥ , P.P. ٤٣ - ٤٥)

$$\text{Density of Ash} = \frac{\text{Total Weight of Components}}{\text{Total volume of Components}}$$

١٣- ٣ تطبيق الزجاج

تم تطبيق الزجاج على النماذج الفخارية بواسطة الرش باستعمال ضاغطة الهواء والمسدس ولوجود مواد تتطاير في اثناء الحرق تم مضاعفة طبقة الزجاج عند الرش ليصبح سمك الطبقة حوالي ٢ ملم وتركت حتى تجف بشكل جيد ثم ادخلت الى الفرن .

٣- ١٤ برنامج الحرق لزجاج الرماد

بعد الاطلاع على الدراسات السابقة والاطلاع على المصادر التي تناولت الزجاج عالي الحرارة (Stoneware) والقيام بتجارب اولية استطلاعية لجميع انواع زجاج الرماد للنباتات الداخلة في البحث ولغرض مراقبة انصهارية الزجاج وبشكل دقيق تم وضع البرنامج الذي اعتمد اسلوب الحرق السريع (Fast Firing) الذي يبدأ بتسخين الفرن الى ١٠٠ م ولمدة ساعتين وبعدها تم رفع درجة الحرارة باقصى طاقة الفرن وكما يأتي في الجدول (٣-٢) .

درجة الحرارة	عدد الساعات
١٠٠٠	٦
١٠٥٠	٦.٥
١١٠٠	٧
١١٥٠	٧.٥
١٢٠٠	٨
١٢٥٠	٨.٥

الجدول (٣- ٢) يبين برنامج الحرق لنماذج الزجاج

٣- ١٥ اجراءت المقارنة

تم اعتماد بعض الاجراءت لغرض معرفة المتغيرات والمقارنة مع نماذج زجاج الماد وحسب خطة البحث حيث قام الباحث بمعالجة الرماد قبل الحرق ، وفي التطبيق وفي اسلوب درجة الحرق للوقوف على المتغيرات التي قد تحدث على الناتج الزجاجي . فضلا عن اعطاء فكرة للقارئ لاساليب اخرى في استخدام هذا النوع من الزجاج . وقد تم اعتماد درجتيم حراريتين (١٢٢٥ - ١٢٥٠ م) الاولى خارج برنامج الحرق .

٣- ١٥- ١ زجاج الرماد المغسول* (Washing Ash glaze)

تم اعداد خلطات من انواع الرماد المستخدمة في البحث . حيث اخذت ١٠٠ غم من كل نوع من الرماد المحروق في درجة ٧٠٠ م واضيف لها كمية نصف لتر (٥٠٠ سم ٣) من الماء وترك الرماد مغموور فيه لمدة ٢٤ ساعة مع التحريك لعدة مرات ثم تم سحب كمية الماء الزائد ليصبح الخليط ذي قوام مناسب للتطبيق على الجسم الفخاري ..

*ان الزجاج المنتج وجسب خطة البحث زجاج رماد (غير مغسول)

٣- ١٥- ٢ التطبيق على الطينة مباشرة (Row Glaze)

تم اعداد خلطات الرماد للنماذج المستخدمة في البحث واجرئ تطبيقها بطريقة الرش باستخدام ضاغطة الهواء والمسدس وبسمك ٢ ملم . حيث تختلف مسامية الجسم الطيني على الجسم الفخاري وبذلك تختلف كمية المواد المذابة والممتصة من قبل الجسم الطيني عن الجسم الفخاري ، و لمعرفة درجة ملائمة بعض انواع مستحلبات الرماد للتطبيق على الجسم الطيني و الاختلاف في النتائج و المقارنة .

٣- ١٥- ٣ الحرق بتثبيت درجة الحرارة (Saoking)

تم اعتماد اسلوب تثبيت الحرارة عند درجة النضج النهائية للرماد المحروق بدرحتي (١٢٢٥م-١٢٥٠م). ولمدة ساعتين لاعطاء فرصة اوسع للتفاعل بين الاكاسيد المكونة لزجاج وتخليص السال الزجاجي من الغازات واستقرار طبقة الزجاج .

٣- ١٦- الفحوصات التي أجريت على الزجاج

اجريت جميع الفحوصات على الزجاج الناتج من الرماد المحروق بدرجتين حراريتين ١٢٥٠، ١٢٥٠ فحص الحامض .

٣- ١٦- ١- الطبيعة النسيجية للزجاج

لغرض معرفة البنية النسيجية للزجاج تم استخدام المايكروسكوب (Binocular Microscope) حيث فحصت نماذج زجاج البحث للتعرف على المواد السائلة والصلبة والغازية والبلورية والاطوار السائدة وكان التكبير ٥٠٠ مرة ومن ثم تصوير النمذج المكبرة.

٣- ١٦- ٢- فحص مقاومة الخدش (Scartch hardness of Surface)

استخدم نظام سلم موه لقياس الصلادة (Mohs' Seale of hardness) والذي يقسم الى (١٠) درجات وبعد خدش الزجاج بواسطة أحد المعادن ومشاهدة الاثر بالعين أو عدسة مكبرة ومراقبته وعندما لا يظهر فيستبدل المعدن بأخر ذي صلابة اعلى ، (B.S.٦٤٣١ : ١٩٨٦ : Part ١٣)

٣- ١٦- ٣- مقاومة الزجاج للسوائل الكيميائية

يعد الفحص الكيميائي من الفحوصات المهمة لمعرفة مقاومة الزجاج تجاه المواد الكيميائية منها الحوامض والقواعد وحسب المواصفة (B.S.Part ١٩ : ١٩٨٤) .
١- حامض الهيدروكلوريك بتركيز ٣% HCl
٢- هيدروكسيد البوتاسيوم بتركيز ٣% KOH
بعد ان عزلت نصف النماذج بشمع البرافين غمرت الى النصف ولمدة ٧ أيام مع مراعاة تحريك السائل لضمان ثبات التركيز. ولمعرفة درجة التأثير اعتمد المقياس الاتي :-

القيمة	التأثر
٠	لم يتأثر
١	تأثير ضعيف على اجزاء من السطح
٢	تأثير ضعيف على كل اجزاء السطح
٣	تأثير واضح على اجزاء من السطح
٤	تأثير واضح على كل السطح
٥	تآكل اجزاء في السطح
٦	تآكل في كل اجزاء السطح
٧	تآكل شديد
٨	تآكل الى حد ظهور بقع من الجسم الفخاري
٩	تآكل الى حد ظهور مساحات من الجسم الفخاري

الجدول (٣- ٣) يبين مقياس قيمة تآكل الزجاج بواسطة المواد الكيميائية نقلاً عن (الهنداوي، ١٩٩٧، ص ٩٩) و (Taylor , ١٩٨٦ , P. ١٨١)

٣- ١٧- الذوبانية (Solubility)

ان بعض مكونات الرماد لها القابلية على الذوبان في الماء ومن ثم فإن هذه المواد ستمتصها الاجسام الفخارية ذات المسامية خلال التطبيق وهذا يتسبب في تشوه النماذج الفخارية

أحياناً ونتيجة لزيادة الحرارة يحدث خلل في النسب المئوية لخلطة الرماد وحرمانه من بعض المواد الصاهرة الأمر الذي يؤثر في النهاية في نضج الزجاج يؤثر في النهاية على درجة حرارة نضج الزجاج. (Behrens, 1987, P.69) وللتعرف على كمية المواد الذائبة التي تمتص من قبل الجسم الفخاري تم حساب الذوبان بان اخذ كمية 100 غرام من كل نوع من الرماد واضيف لها 1/2 لتر ماء وتركت في اوعية زجاجية وتم تحريكها عدة مرات لمدة 24 ساعة وبعدها تم تجفيف كل نوع وتركت الكمية في ورقة الترشيح ثم عرضت الى حرارة بمقدار 120 م ثم وزنت مرة اخرى مع الورقة وذلك لصعوبة فصل الرماد عن ورقة الترشيح وتم تحديد نسبة الذوبان بواسطة العلاقة :

$$x = \text{وزنه وهو جاف} - \text{وزن الرماد المغمور في الماء والمجفف} = x$$

(الكمية الاصلية)

$$x - \text{وزن ورقة الترشيح} = \text{المفقود في الماء (المفقود في الماء)}$$

3- 18 المواد الذائبة

تم فحص امتصاص المواد الذائبة والملتصقة من قبل الجسم الفخاري وهي القلويات (الصواهر الفعالة) (الصوديوم Na_2O - البوتاسيوم K_2O) ويقتد الباحث ان جزء من القواعد الترتيبية مثل الكالسيوم قد تذوب في الماء وكذلك جزء من الحديد لان النبات ياخذها اصلا مذابة في التربة .

وقد اجري هذا الفحص بوزن القطع الفخارية بدقة ثم طبق عليها الزجاج بسمك 2 ملم وجففت في فرن تجفيف الى درجة حرارة 120 م وبعدها ازيلت طبقة الزجاج جيداً ثم تم وزنها بدقة مرة اخرى لمعرفة مقدار المواد الذائبة الممتصة من قبل الجسم الفخاري وطبقت العلاقة الاتية :-
وزن القطعة بعد ازالة الزجاج المطبق عليها - وزن القطعة الفخارية فقط .

3- 19 حساب معامل الشد السطحي

تم حساب معامل الشد السطحي للزجاج وذلك امعرفة تأثير المواد الداخلة في تركيب زجاج الرماد على نسب معاملات الشد السطحي بالاعتماد على جدول ثوابت الشد السطحي رقم (2-4) وفق العلاقة الاتية.

$$1 - \text{النسبة المئوية للأوكسيد} \times \text{معامل الشد السطحي} = x$$

$$2 - \text{تجمع نتائج الخطوة 1 لكل الاكاسيد}$$

3- 20 حساب كثافة الزجاج المحروق (density of Glaze)

للثافة اهمية في تحديد درجة الانعكاس وقيمة معامل الانكسار (علام ، 1964 ، ص 132-133) و كثافة الزجاج هو مجموع ثوابت كثافة الاكاسيد المكونة له و تتراوح كثافة طبقات الزجاج بين 2.125-8.120 غم / سم³ . تم حساب الكثافة حسب جدول ثوابت الكثافة للأكاسيد (Hamer , 1975, PP.338-344) وفق العلاقة الاتية :-

$$\text{الكثافة} = \frac{\text{النسبة المئوية للأوكسيد} \times \text{ثابت كثافة الاوكسيد}}{100}$$

الأوكسيد	ثابت كثافة الاوكسيد
السليكا SiO_2	2.7
الألومينا Al_2O_3	3.8

٢.٣	الصوديوم Na ₂ O
٢.٣٢	البوتاسيوم K ₂ O
٣.٣	الكالسيوم CaO
٣.٥	المغنيسيوم MgO
٥.٣	الحديد الاحمر Fe ₂ O ₃

الجدول (٣-٤) يبين ثوابت الكثافة للأكاسيد .

٣-٢١ تقييم نتائج الزجاج

١- قيمت الشفافية حسب المقياس الاتي :

- ◆ شفاف
- ◆ نصف شفاف
- ◆ معتم

٢- قيمت الانصهارية حسب المقياس الاتي :

- ١- بداية الانصهار
- ٢- انصهار قليل
- ٣- انصهار
- ٤- انصهار كامل
- ٥- انصهار شديد
- ٦- انصهار شديد جدا

٣- قيمت نتائج الخشونة حسب المقياس الاتي :

- ١- خشن
- ٢- متوسط
- ٣- ناعم
- ٤- اللون

قيمت الدرجات اللونية بواسطة تحليل اللون في الحاسوب Computer و بأستخدام البرامج Photo shop & Excel ، حيث اخذت ثمان نقط من كل نموذج و حللت قيم الالوان الاساسية فيها و هي الاحمر و الاصفر و الازرق وذلك لأعطاء الالوان قيمة رقمية حيث يقدم لنا هذا الفحص بيانات واضحة عن قيمة اللون و درجته و تركيبه ليصبح كل لون عبارة عن مجموع قيم الالوان الاساسية الذي يحتويها و ذلك لعدم الوقوع في اشكالات تسمية الالوان و ورغم ذلك فقد سمى لباحث الالوان بحسب خبرة وخبرة المشرفين تم تطبيق الخطوات التالية في التحليل .

١- تجمع القراءات لثمان نقاط للنموذج الواحد

٢- تجمع النتائج للألوان الثلاثة (الاحمر ، الاصفر ، الازرق) فنحصل على المجموع (x) .

الجزء

٣- $100 \times \frac{\text{معدل اللون المشتق من تحليل ثمان}}{X}$

نقاط مختلفة من سطح النموذج .

X

الفصل الرابع النتائج و مناقشتها

١- النتائج

١-٤ نتائج التحليل الكيماوي

اظهرت نتائج التحليل الكيماوي نسب الاكاسيد الداخلة في تركيب الرماد المكون للزجاج ثم اعيد حساب نسبها المؤية بعد الحرق والجدولين (٤ - ١) و(٤ - ٢) تبينان نتائج التحليل للرماد المحرق وغير المحروق .

جدول (١-٤) يبين نتائج التحليل الكيماوي

رقم النموذج	اسم المادة	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Na ₂ O	K ₂ O	CaO	MgO	Fe ₂ O ₃	L.O.I	المجموع
١-	قشور الرز	٧٨.٠٢	١.٧٥	٤.٤	١.٧٨	٧.٥٩	٢.٥	١.١٥	٢.٩	٩٩.٨
٢-	كالح ذرة	٥١.٤٣	٥.٨٣	٤.٣٩	١.٩٨	٢١.٥٧	٥.٧١	١.٢٧	٣.٧٠	٩٥.٨٨
٣-	سعف النخيل	٦٣.٦٣	٢.٤٣	٢.٠٣	٤.٧٧	١٦.٧٢	٦.٧٨	٣.٩٣	٠.٢٨	٩٩.٩
٤-	قصب البردي	٥٤.٤٨	١.١٨	٧.٢٥	٢.٩٩	١١.٨٥	٣.٢	١٦.١٥	٢.٢	٩٩.٣
٥-	نارنج	٩.٥٥	٢.٠٠	٦.٠٣	٢.٩١	٧٠.٧١	٣.٣١	١.٥٥	٣.٤٩	٩٩.٥٥
٦-	توت	٤٩.٣٧	٢.٩٨	٨.٢٦	٦.٤٩	١٠.٢٨	١١.٨٠	٦.٣٧	٤.٢١	٩٩.٩٥
٧-	طريطخ	٢٠.١٤	٣.٤٣	١٥.٠١	٩.٨٩	٢٨.٢٥	١١.٨٠	٨.٢٨	٣.١٣	٩٩.٩٣
٨-	كالبتوز	١٦.٥٠	١.٦٠	٥.٣	٦.٤٦	٥٠.٩٦	٨.٦٢	٤.٥٧	٤.٢١	٩٨.٢٢
٩-	فوغ	٣٥.٥٣	٦.٨٩	٤.٤٩	١٤.٤٧	٢٨.٤١	٦.٤٠	٢.٧٩	٠.٩٩	٩٩.٩٨
١٠-	طرفة	١٦.٠٢	٤.٥٤	١٥.٣٣	٥.٧٧	٣٥.٤٣	١٩.٨٨	٢.٨٠	٠.١٩	٩٩.٩٦
١١-	شوك	١٨.٤٢	٤.٢٢	٨.٥٩	٩.٤٣	٣٤.٧٠	١٩.٩٣	٣.١٧	١.٦٥	٩٩.٩٨
١٢-	جذع تخيل	٣٧.٨٥	٣.١٩	٧.١٨	١٣.٢٧	٢٤.٣١	١٢.٠١	١.٨١	٠.٣٤	٩٩.٩٦
١٣-	تبين حنطة	٤٥.١٧	٤.٥٢	٩.٠٥	٩.٦٥	١٥.٥٧	٨.٥٦	٣.٦٢	٣.٨٠	٩٩.٩٧
١٤-	تبين شعير	٦٠.٠٨	٦.٦٣	٣.٩٦	٨.٠٤	١٤.٨٣	٦.٦١	٢.٣١	٠.٤٨	٩٩.٩٤
١٥-	نواة تمر	١٧.٢٩	٣.١٠	٦.٢٤	٢٠.٣٨	٢٣.٣٤	١٥.٧٦	١٣.٢٦	٠.١٧	٩٩.٥٤

الجدول رقم (٢-٤) يبين النسب المئوية للاكاسيد المكونة لزجاج الرماد (المحروق)

الرقم	اسم المادة	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Na ₂ O	K ₂ O	CaO	MgO	Fe ₂ O ₃	Total
١	قشور الرز	٨٠.٥١	١.٨٠	٤.٥٤	١.٨٣	٧.٨٣	٢.٥٧	١.١٨	٩٦.٩
٢	كالح اذرة	٥٥.٧٩	٦.٣٢	٧.٦٤	٢.١٤	٢٣.٣٩	٦.١٩	١.٣٧	٩٢.١٨
٣	سعف النخيل	٦٩.٠٢	٢.٦٣	٢.٢٠	٥.١٧	١٨.١٣	٦.٨٠	٣.٩٤	٩٩.٦٢
٤	قصب بردي	٥٦.١٠	١.٢١	٧.٤٦	٣.٠٧	١٢.٢٠	٣.٢٩	١٦.٦٣	٩٧.١
٥	نارنج	٩.٩٤	٢.٨	٦.٢٧	٣.٠٢	٧٣.٦١	٣.٤٤	١.٦١	٩٦.٠٦
٦	توت	٥١.٥٦	٣.١١	٨.٦٢	٦.٧٧	١٠.٧٣	١٢.٣٢	٦.٣٧	٩٥.٧٤
٧	طرطيع	٢١.٠٤	٣.٥٨	١٥.٦٨	١٠.٣٣	٢٩.٥١	١٢.٣٢	٨.٦٥	٩٥.٧٢
٨	كالبتوز	١٧.٥٥	١.٧٠	٥.٦٣	٦.٨٦	٥٤.٢٠	٩.١٦	٤.٨٦	٩٤.٠١
٩	قوغ	٣٥.٨٩	٦.٩٦	٤.٥٣	١٤.٦١	٢٨.٦٩	٦.٤٦	٢.٨١	٩٨.٩٩
١٠	طرفه	١٦.٠٥	٤.٥٥	١٥.٣٦	٥.٧٨	٣٥.٥١	١٩.٩٢	٢.٨١	٩٩.٧٧
١١	شوك	١٨.٧٣	٤.٢٩	٨.٧٣	٩.٥٩	٣٥.٢٨	٢٠.٢٦	٣.٢٢	٩٨.٣٣
١٢	جدع نخيل	٣٧.٩٩	٣.٢٠	٧.٢٠	١٣.٣٢	٢٤.٤٠	١٢.٠١	١٢.٠٥	٩٩.٦٢
١٣	تين شعير	٦٤.٩٦	٤.٧٠	٩.٣٠	١٠.٠٣	١٦.١٩	٨.٩٠	٣.٧٦	٩٦.١٧
١٤	تين حنطة	٦٠.٤٠	٦.٦٦	٣.٩٨	٨.٠٨	١٤.٩١	٦.٦٤	٢.٣٢	٩٩.٤٦
١٥	نواة تمر	١٧.٣٩	٣.١١	٦.٢٧	٢٠.٥٠	٢٣.٨٤	١٥.٨٥	١٣.٣٤	٩٩.٣٧

٢-٤ نتائج الخواص الفيزيائية للنماذج الفخارية

١-٢-٤ التقلص الطولي للجسم الطيني و الفخاري

جدول (٤-٣) : يبين نسبة التقلص بعد الجفاف و الحرق

النموذج	التقلص الطولي بعد الجفاف	التقلص الطولي بعد الحرق	النسبة المئوية للتقلص
	%٥.٨٨	%٢.٥	%٨.٢٣

٢-٢-٤ فحوصات الامتصاص و المسامية الظاهرية و الكثافة الحجمية

للجسم الفخاري.

جدول (٤-٤) نتائج فحوصات الجسم الطيني و الفخاري

نوع الجسم	امتصاص الماء water Absorption	المسامية الظاهرة Porosity	الكثافة غم/سم ^٣ Density
الجسم الطيني	%١٦.٠٢	%٢١.٨٧	%١.٣٧
الجسم الفخاري	%٢٠.٥	%٥١.٢٣	%٢.٥٤

٣-٤ نتائج القانون النسبي (وحدة الصيغة).

تم حساب القوانين النسبية لنماذج الزجاج وذلك بالاعتماد على الاوزان الجزيئية للاكاسيد التي يحتويها الرماد ونسبها المئوية في التحليل الكيماوي

R ₂ O.RO	R ₂ O ₃	Ro ₂
Na ₂ O ٠.١١	Al ₂ O ₃	Sio ₂
K ₂ O ٠.٠٧	٠.٠٦	٥.١٥
CaO ٠.٥٣		
MgO ٠.٢٤		
F ₂ O ₃ ٠.٠٢		

٠.٩٩	٠.٠٦	٥.١٥
رقم (١)		
R _٢ O.RO	R _٢ O _٣	Ro _٢
Na _٢ O ٠.١٠	Al _٢ O _٣	SiO _٢
K _٢ O ٠.٠٣	٠.٠٩	١.٣٥
CaO ٠.٦١		
MgO ٠.٢٢		
F _٢ O _٣ ٠.٠١		
٠.٩٨	٠.٠٩	١.٣٥

رقم (٢)

R _٢ O.RO	R _٢ O _٣	Ro _٢
Na _٢ O ٠.٠٣	Al _٢ O _٣	SiO _٢
K _٢ O ٠.٠٥	٠.٠٢	١.٠٥
CaO ٠.٢٩		
MgO ٠.١٦		
F _٢ O _٣ ٠.٠٢		
٠.٩٩	٠.٠٢	١.٠٥

رقم (٣)

R _٢ O.RO	R _٢ O _٣	Ro _٢
Na _٢ O ٠.١١	Al _٢ O _٣	SiO _٢
K _٢ O ٠.٠٣	٠.٠١	٠.٩٠
CaO ٠.٢١		
MgO ٠.٠٧		
F _٢ O _٣ ٠.١٠		
٠.٩٩	٠.٠١	٠.٩٠

رقم (٤)

R _٢ O.RO	R _٢ O _٣	Ro _٢
Na _٢ O ٠.٠٦	Al _٢ O _٣	SiO _٢
K _٢ O ٠.٠٢	٠.٠١	٠.١٠
CaO ٠.٨٥		
MgO ٠.٠٥		
F _٢ O _٣ ٠.٠٠٦		
٠.٩٩	٠.٠١	٠.١٠

رقم (٥)

R _٢ O.RO	R _٢ O _٣	Ro _٢
Na _٢ O ٠.١٣	Al _٢ O _٣	SiO _٢
K _٢ O ٠.٠٧	٠.٠٢	٠.٨٢
CaO ٠.١٨		

MgO	٠.٢٩		
F _٢ O _٣	٠.٠٤		
	٠.٩٩	٠.٠٢	٠.٨٢

للمنموذج رقم (٦)

R _٢ O.RO		R _٢ O _٣		Ro _٢
Na _٢ O	٠.٢٤		Al _٢ O _٣	SiO _٢
K _٢ O	٠.١٠		٠.٠٣	٠.٣٣
CaO	٠.٥٠			
MgO	٠.٢٩			
F _٢ O _٣	٠.٠٥			
	٠.٩٩		٠.٠٣	٠.٣٣

للمنموذج رقم (٧)

R _٢ O.RO		R _٢ O _٣		Ro _٢
Na _٢ O	٠.٠٦		Al _٢ O _٣	SiO _٢
K _٢ O	٠.٠٥		٠.٠١	٠.٢١
CaO	٠.٦٩			
MgO	٠.١٦			
F _٢ O _٣	٠.٠٢			
	٠.٩٩		٠.٠١	٠.٢١

للمنموذج رقم (٨)

R _٢ O.RO		R _٢ O _٣		Ro _٢
Na _٢ O	٠.٠٧		Al _٢ O _٣	SiO _٢
K _٢ O	٠.١٦		٠.٠٧	٠.٦٥
CaO	٠.٥٥			
MgO	٠.١٧			
F _٢ O _٣	٠.٠١			
	٠.٩٩		٠.٠٧	٠.٦٥

للمنموذج رقم (٩)

R _٢ O.RO		R _٢ O _٣		Ro _٢
Na _٢ O	٠.١٧		Al _٢ O _٣	SiO _٢
K _٢ O	٠.٠٤		٠.٠٣	٠.١٨
CaO	٠.٤٣			
MgO	٠.٣٣			
F _٢ O _٣	٠.٠١			
	٠.٩٩		٠.٠٣	٠.١٨

للمنموذج رقم (١٠)

R _٢ O.RO		R _٢ O _٣		Ro _٢
Na _٢ O	٠.١٠		Al _٢ O _٣	SiO _٢
K _٢ O	٠.٠٧		٠.٠٣	٠.٢٢
CaO	٠.٤٥			

MgO	٠.٣٦		
F ₂ O ₃	٠.٠١		
	٠.٩٩	٠.٠٣	٠.٢٢
للمنموذج رقم (١١)			
R ₂ O.RO		R ₂ O ₃	Ro ₂
Na ₂ O	٠.١١	Al ₂ O ₃	SiO ₂
K ₂ O	٠.١٤	٠.٠٣	٠.٦٣
CaO	٠.٤٣		
MgO	٠.٢٩		
F ₂ O ₃	٠.٠١		
	٠.٩٩	٠.٠٣	٠.٦٣
للمنموذج رقم (١٢)			
R ₂ O.RO		R ₂ O ₃	Ro ₂
Na ₂ O	٠.١٩	Al ₂ O ₃	SiO ₂
K ₂ O	٠.١٣	٠.٠٥	٠.٩٨
CaO	٠.٣٦		
MgO	٠.٢٧		
F ₂ O ₃	٠.٠٣		
	٠.٩٩	٠.٠٥	٠.٩٨
للمنموذج رقم (١٣)			
R ₂ O.RO		R ₂ O ₃	Ro ₂
Na ₂ O	٠.١٠	Al ₂ O ₃	SiO ₂
K ₂ O	٠.٠٤	٠.٠٦	١.٦٨
CaO	٠.٤٤		
MgO	٠.٢٧		
F ₂ O ₃	٠.٠٢		
	٠.٩٩	٠.٠٦	١.٦٨

للمنموذج رقم (٤١)

R ₂ O.RO		R ₂ O ₃	Ro ₂
Na ₂ O	٠.٠٨	Al ₂ O ₃	SiO ₂
K ₂ O	٠.١٧	٠.٠٢	٠.٢٣
CaO	٠.٣٤		
MgO	٠.٣٢		
F ₂ O ₃	٠.٠٦		
	٠.٩٩	٠.٠٢	٠.٢٣

للمنموذج رقم (١٥)

جدول (٤-٥) يبين نتائج القوائين النسبية (وحدة الصيغة) في ضوء نتائج التحليل الكيميائي

٤-٤ كثافة مستحلب الزجاج (slip glaze)

اجري هذا الفحص على نماذج الرماد ثم تم حساب كثافة مستحلبات زجاج ولكافة النماذج

الرقم	كمية الماء المضاف	كثافة مستحلبات الزجاج غم/سم ^٣
-١	٢٢٠ سم	١.٢٢
-٢	٢١٠ سم	١.٧٢
-٣	٢٠٠ سم	١.١١
-٤	٢٠٠ سم	١.٦٢
-٥	١٨٠ سم	١.٣٣
-٦	١٧٠ سم	١.٠٢
-٧	١٧٥ سم	١.٢٢
-٨	١٩٠ سم	١.٤٢
-٩	٢٠٠ سم	١.٢٨
-١٠	١٥٠ سم	١.٢٦
-١١	١٥٥ سم	١.١١
-١٢	١٦٠ سم	١.٦٦
-١٣	٢٠٠ سم	١.٧٢
-١٤	٢٠٠ سم	١.٨٢
-١٥	١٨٠ سم	١.٣٤

جدول (٤-٦) يبين نتائج كثافة مستحلب الزجاج

٤-٥ نتائج زجاج الرماد غير المغسول والمغسول

رقم النموذج	زجاج ورماد غير مغسول	رقم النموذج	زجاج ورماد مغسول
-١	طبقة الزجاج ذات سطح املس تحتاج الى انصهار	-١	طبقة الزجاج خشنة ووجود فقاعات كبيرة و مفتوحة و الزجاج اكثر شفافية نتيجة لزيادة التفاعل والانصهار
-٢	طبقة الزجاج لماعة جدا و ناعمة و مستوية و خالية من العيوب و ذات لون خاكي مخضر نصف شفاف	-٢	سطح خشن و لون جوزي مع وجود فقاعات صغيرة و سطح متعرج
-٣	سطح لماع معتم ابيض	-٣	سطح اكثر لمعان ابيض ناصع
-٤	لماع ذو لون عسلي املس و تظهر طبقة من الالوان الزرقاء منتشرة على طبقة الزجاج في سطح النموذج نتيجة تحلل الحديد مسببا العتمة	-٤	يختفي اللون الازرق و يظهر اللون العسلي الغامق الى الجوزي اللامع مع سطح مستوي و خالي من المشاكل
-٥	سطح معتم يحتوي على ثقوب دبوسية نصف لماع يحتاج الى نضج و انصهار اعلى	-٥	يبدا تأثير الغسل شديد حيث يظهر الزجاج شفاف و لماع و يحتوي على تجرعات صغيرة جميلة جا بتأثير الصوديوم

لماع شفاف جدا يحتوي على تجزعات و ذلك لأرتفاع نسبة الصوديوم	-٦	لماع ذو لون خاكي املس يحتوي على شقوق منتشرة على سطح النموذج	-٦
وجود طبقة زجاج معتمة تغطيها طبقة من المواد المعتمة و المواد الفائضة عن التفاعل	-٧	سطح ناعم شفاف لماع ذو تاثيرات لونية عسلية	-٧
سطح شفاف لماع يحتوي على شقوق	-٨	زجاج شفاف لماع مستوي السطح	-٨
سطح خشن معتم يحتاج الى انصهار اكثر	-٩	سطح ناعم لماع وفيه عتمة	-٩

٤-٥-٢ نتائج فحص صلادة السطح

للحصول على قيم صلادة السطح لطبقة الزجاج تم فحص النماذج لدرجتين حراريتين ١٢٠٠م و ١٢٥٠م حسب مقياس (موه) للصلادة. حيث ترتفع قيم صلادة الزجاج بارتفاع درجات الحرارة كما في الجدول ادناه .

النموذج	١٢٠٠	١٢٥٠
-١	عدم نضج	٧
-٢	٦	٧
-٣	٧	٧
-٤	٧ <	٧

٧	عدم نضج	-٥
٧	٦.٥	-٦
٧	٦	-٧
٧	عدم نضج	-٨
٧	عدم نضج	-٩
٧	٦.٥	-١٠
٦.٥	٥	-١١
٧	٧.٥	-١٢
٧	٦	-١٣
٧	٥	-١٤
٧	٥	-١٥

جدول (٩-٤) يبين نتائج قياس صلادة السطح بحسب مقياس Moh's scale

٤ - ٥ - ٣ نتائج فحص مقاومة الزجاج للسوائل الكيميائية

تم هذا الفحص لمعرفة مدى مقاومة زجاج الرماد السائل الحمضي (hcl) والسائل القاعدي (koh) وفي درجتين حراريتين ١٢٥٠, ١٢٠٠ وقيمت النتائج حسب المقياس الذي وضع في الجدول (٣-٣)

درجة التآثر بالحامض		
الرقم	الحرارة ١٢٠٠ م	الحرارة ١٢٥٠ م
-١	٨	٠
-٢	٩	١
-٣	٨	٠
-٤	٨	٠
-٥	٩	٦
-٦	٨	٠
-٧	٩	٤
-٨	٩	٤
-٩	٩	٠
-١٠	٩	٣
-١١	٩	٧
-١٢	٩	٠

٠	٩	-١٣
٠	٨	-١٤
٠	٩	-١٥

جدول (٤-١٠) يبين نتائج فحص المواد الكيميائية (الحوامض)

٤-٦ نتائج الذوبان في الماء

اجري هذا الفحص على نماذج الرماد وذلك لمعرفة النسب المئوية للمواد الذائبة في الماء.

رقم الانموذ ج	وزن الرماد قبل الغسل (G)	وزن الرماد بعد الغسل (G)	وزن ورقة الترشيح	المتبقي من الرماد	النسب المئوية للمواد الذائبة في الماء
-١	١٠٠	٤٢.٩٦	٨٦٤.١	٥٥.٩٤	%٥.٤٥
-٢	١٠٠	٢١.٩٦	٩١٧.١	٢٩.٩٤	%٥.٧١
-٣	١٠٠	٨٩.٩٧	٨٨٩.١	٠٠.٩٦	%٤
-٤	١٠٠	٩٤.٨٧	٨٦٩.١	٠٠.٨٦	%١٤
-٥	١٠٠	٢٧.٩٦	٨٥٩.١	٤١.٩٤	%٥٩.٥
-٦	١٠٠	٠٨.٩٦	٨٢٦.١	٢٥.٩٤	%٧٥.٥
-٧	١٠٠	٤٤.٨٢	٧١٢.١	٧٢.٨٠	%٢٨.١٩
-٨	١٠٠	٢٥.٨٨	٨١٦.١	٤٣٤.٨٦	%٥٦٦.١٣
-٩	١٠٠	٧٥.٨٨	٨٤١.١	٩٣٤.٨٦	%٠.٦٦.١٣
-١٠	١٠٠	١٩.٩٢	٨٦٥.١	٣٢٥.٩٠	%٦٧.٩
-١١	١٠٠	٢٩.٩١	٨٤٢.١	٤٤٨.٨٩	%٥٥.١٠
-١٢	١٠٠	٥٦.٩٣	٨٧٥.١	٦٨٥.٩١	%٣١٥.٨
-١٣	١٠٠	٥٦.٩٢	٨٥٢.١	٧٠.٩٠	%٣.٩
-١٤	١٠٠	١٢.٩٣	٨٦٠.١	٢٦.٩١	%٧٤.٨
-١٥	١٠٠	٤٧.٨٩	٨٦٩.١	٦٠١.٨٧	%٣.٩٩.١٢

جدول (٤-١١) يبين نتائج الذوبان في الماء

٤-٧ نتائج كمية المواد الذائبة الممتصة من قبل الجسم
الفخاري.

اجري هذا الفحص لمعرفة نسب المواد الذائبة
واللمتصة من قب لجسم الفخاري

رقم الانموذ ج	وزن قطعة الفخار	وزن قطعة الفخار بعد ترججها و ازالة الزجاج	فرق المواد الذابة واللمتصة
-١	٧٠.٩٢٣	٧٠.٩٤٧	٠.٠٢٤
-٢	٧٠.١٢١	٧١.٠١٧	٠.٨٠٥
-٣	٧٠.٥٦٩	٧١.١٣٧	٠.٥٦٨
-٤	٧١.٠٠٩	٧١.٤٠٣	٠.٣٩٤
-٥	٧١.٢٠١	٧١.٧٦٤	٠.٥٦٣
-٦	٧٠.٧٠١	٧١.٥٤٧	٠.٨٤٦
-٧	٧٠.٣٣٥	٧١.٣٠٢	٠.٩٦٧
-٨	٧٠.٢٨٦	٧١.٢٨١	٠.٩٩٥
-٩	٧٠.٣١٣	٧١.٣٠١	٠.٩٨٨
-١٠	٧٢.٠٣٤	٧٢.٣٠٢	٠.٢٦٨
-١١	٧١.٤٨١	٧٢.٠٧٦	٠.٥٩٥
-١٢	٧٠.٧٨٧	٧١.٣٧٨	٠.٥٩١
-١٣	٧٠.٨٢٠	٧١.٥٦٣	٠.٧٤٣
-١٤	٧٢.٣٦٦	٧٣.٢٥٩	٠.٨٩٣
-١٥	٧١.٠٢٠	٧١.٦١٣	٠.٥٩٣

جدول (٤-١٢) يبين كمية المواد الذائبة الممتصة من قبل الجسم الفخاري
٤ - ٨ نتائج حساب الشد السطحي

رقم الانموذج	الشد السطحي في ١٢٠٠ م	الشد السطحي في ١٢٥٠ م
-١	٣٣٠.٩٥٨	٣٢٨.٩٥٨
-٢	٣٥١.٤٠٨	٣٤٩.٤٠٨
-٣	٣٦٥.٦١٩	٣٦٣.٦١٩
-٤	٣٤٤.٣٩٧	٣٤٢.٣٩٧
-٥	٤٦٠.٨٩٩	٤٥٨.٨٩٩
-٦	٣٤٣.٢٦٢	٣٤١.٢٦٢
-٧	٣٥١.٩٨٦	٣٤٩.٩٨٦
-٨	٣٧٦.٦٧١	٣٧٤.٦٧١
-٩	٣٥٠.٨٦٥	٣٤٨.٨٦٥
-١٠	٤٠٨.٠٦	٤٠٦.٠٦
-١١	٤٠٢.٩٨٣	٣١٣.٥٢٤
-١٢	٣٤٥.٣٧١	٤٠٠.٩٨٣
-١٣	٣٣١.٧٦٢	٣٩٢.٧٦٢

٣٤٤.٧٢٧	٣٤٦.٧٢٧	-١٤
٣٥١.١٢٢	٣٥٣.١٢٢	-١٥

جدول (١٣-٤) يبين قيمة الشد السطحي داين/سم^٣ لنماذج عينة البحث

٤ - ٩ نتائج كثافة الزجاج المحروق

تم حساب كثافة الزجاج المحروق بالدرجتين الحرائيتين ١٢٠٠م، ١٢٥٠م بالاعتماد على عوامل كثافة الاكاسيد

كثافة الزجاج المحروقغم،سم ^٣	الرقم
٢.٧٤	١
٢.٧٣	٢
٢.٩٦	٣
٣.١١	٤
٣.٠٧	٥
٢.٨٧	٦
٣.٠٣	٧
٣.٠٠	٨
٢.٩٦	٩
٣.١٠	١٠
٣.٠٨	١١
٢.٩٣	١٢
٢.٨٢	١٣
٢.٨٨	١٤
٣.٢٢	١٥

الجدول (١٤-٤) يبين نتائج كثافة الزجاج المحروق

٤ - ١٠ تقييم نتائج الزجاج
٤ - ١٠ - ١ نتائج الشفافية في درجة حرارة ١٢٥٠ م

تختفي العتمة تدريجيا بارتفاع درجات الحرارة وتفاعل مكونات لزجاج وتكوين السائل الايو تكتكي وفيما يلي نتائج فحص الشفافية في الدرجتين ١٢٠٠ م و ١٢٥٠ م

رقم الانموذج	شفاف	نصف شفاف	معم
١			عدم نضج
٢			*
٣			*
٤			*
٥			عدم نضج
٦			*
٧			*
٨			عدم نضج
٩			عدم نضج
١٠			*
١١			*
١٢			*
١٣			*
١٤			*
١٥		*	

جدول (٤-١٥) نتائج الشفافية في درجة حرارة ١٢٠٠ م

رقم الانموذج	شفاف	نصف شفاف	معم
-١			*
-٢			*
-٣			*
-٤			*
-٥			*
-٦		*	
-٧	*		

		*	-٨
		*	-٩
		*	-١٠
		*	-١١
*			-١٢
*			-١٣
*			-١٤
*			-١٥

جدول (٤-١٦) يبين قيم الشفافية بدرجة حرارة ١٢٥٠

٤-١٠ - ٢ نتائج الانصهارية

رقم النموذج															درجة الحرارة
١٥	١٤	١٣	١٢	١١	١٠	٩	٨	٧	٦	٥	٤	٣	٢	١	
															١٠٠٠
		٣			١						٤	١	١		١٠٥٠
٤	٢	٤	٤		١	٣			٤		٤	٤	٤		١١٠٠
٥	١	٥	٥	١	١	٥	١	٣	٥	١	٥	٣	٤		١١٥٠
٥	٥	٥	٥	٥	٢	٥	٣	٥	٥	٢	٥	٥	٥	١	١٢٠٠
٦	٦	٦	٦	٦	٦	٦	٦	٦	٦	٦	٦	٦	٦	١	١٢٢٥
٦	٦	٦	٦	٦	٦	٦	٦	٦	٦	٦	٦	٦	٦	٦	١٢٥٠

جدول (٤ - ١٧) يبين نتائج الانصهارية

٤-١٠-٣ نتائج الملمس

يتغير ملمس الزجاج بارتفاع درجات الحرارة وزيادة تفاعل مكونات الزجاج حيث يستوي السطح بعد اتمام عملية التفاعل وخروج الغازات واستقرار طبقة لبزجاج . ولمعرفة قيم الخشونة وعلاقتها بالشفافية ومتصاص الضوء اجري هذا الفحص للزجاج في الدرجتين الحراريتين ١٢٠٠ م و ١٢٥٠ م .

رقم النموذج	خشن	متوسط	ناعم
١	عدم نضج		
٢	*		
٣	*		
٤	*		
٥	عدم نضج		
٦			*
٧	*		
٨	عدم نضج		
٩	عدم نضج		
١٠	*		
١١	*		
١٢			*
١٣			*
١٤			*
١٥			*

جدول (٤ - ١٨) يبين قيم الملمس في درجة حرارة ١٢٠٠ م

رقم الانموذج	خشن	متوسط	ناعم
-١	*		
-٢			*
-٣			*

*			-٤
	*		-٥
*			-٦
	*		-٧
*			-٨
*			-٩
*			-١٠
	*		-١١
	*		-١٢
		*	-١٣
*			-١٤
*			-١٥

جدول (٤-١٩) يبين قياس قيم الملمس في ١٢٥٠ م

٤ - ١١ نتائج اجراءات المقارنة ٤ - ١١ - ١ نتائج قيم الشفافية

رقم النموذج	شفاف	نصف شفاف	معتم
١			*
٢			*
٣			*
٤			*
٥			*
٦			*
٧			*
٨			*
٩			*
١٠			*
١١			*
١٢			*
١٣			*

*			١٤
*			١٥

جدول (٤-٤٦) يبين قيم الشفافية لزجاج المقارنة المغسول بدرجة حرارة ١٢٢٥ م

رقم النموذج	شفاف	نصف شفاف	معتم
١			*
٢			*
٣			*
٤			*
٥	*		
٦			*
٧	*		
٨		*	
٩	*		
١٠			*
١١	*		
١٢	*		
١٣	*		
١٤			*
١٥		*	

جدول (٤-٤٧) يبين قيم الشفافية لزجاج المقارنة المغسول بدرجة حرارة ١٢٥٠ م

رقم النموذج	شفاف	نصف شفاف	معتم
١			*
٢			*
٣			*
٤			*
٥			*
٦	*		
٧			*
٨	*		
٩	*		
١٠			*
١١			*
١٢		*	
١٣		*	
١٤		*	
١٥		*	

جدول (٤ - ٤٨) يبين قيم الشفافية لزجاج المقارنة المحروق حرفا انضاجيا بدرجة حرارة ١٢٢٥ م

رقم النموذج	شفاف	نصف شفاف	معتم
١		*	
٢			*
٣		*	
٤			
٥		*	
٦	*		
٧			*
٨	*		
٩	*		
١٠	*		
١١			*
١٢	*		
١٣	*		
١٤			*
١٥	*		

جدول (٤ - ٤٩) يبين قيم الشفافية لزجاج المقارنة المحروق حرفا انضاجيا بدرجة حرارة ١٢٥٠ م

رقم النموذج	شفاف	نصف شفاف	معتم
١			*
٢			*
٣			*
٤			*
٥			*
٦			*
٧			*

*			٨
*			٩
*			١٠
*			١١
*			١٢
*			١٣
*			١٤
	*		١٥

جدول (٤ - ٥٠) يبين قيم الشفافية لزجاج المقارنة المطبق على الجسم الطيني مباشرة
بدرجة حرارة ١٢٢٥ م

رقم النموذج	شفاف	نصف شفاف	معتم
١			*
٢			*
٣			*
٤			*
٥		*	
٦			*
٧		*	
٨			*
٩		*	
١٠			*
١١			*
١٢			*
١٣			*
١٤			*
١٥	*		

جدول (٤ - ٥١) يبين قيم الشفافية لزجاج المقارنة المطبق على الجسم الطيني مباشرة
بدرجة حرارة ١٢٥٠ م

٤ - ١١ - ٢ نتائج قيم الملمس

رقم النموذج	خشن	نصف خشن	ناعم
١	*		
٢		*	
٣	*		
٤			*
٥	*		
٦			*
٧	*		
٨	*		
٩		*	
١٠	*		
١١	*		
١٢			*
١٣	*		
١٤	*		
١٥		*	

جدول (٤- ٥٢) يبين قيم الملمس لزجاج المقارنة على المطبق الجسم الطيني مباشرة
بدرجة حرارة ١٢٢٥ م

رقم النموذج	خشن	نصف خشن	ناعم
١	*		
٢		*	
٣			*
٤			*
٥	*		
٦			*
٧		*	
٨		*	
٩			*

		*	١٠
		*	١١
	*		١٢
		*	١٣
*			١٤
*			١٥

جدول (٤- ٥٣) يبين قيم الملمس لزجاج المقارنة المطبق على الجسم الطيني مباشرة
بدرجة حرارة ١٢٥٠ م

رقم النموذج	خشن	نصف خشن	ناعم
١	*		
٢		*	
٣			*
٤		*	
٥	*		
٦			*
٧		*	
٨			*
٩			*
١٠		*	
١١		*	
١٢	*		
١٣		*	
١٤	*		
١٥	*		

جدول (٤- ٥٤) يبين قيم الملمس لزجاج المقارنة المحروق حرقا انضجيا بدرجة حرارة
١٢٢٥ م

رقم النموذج	خشن	نصف خشن	ناعم
١		*	
٢		*	
٣			*
٤			*
٥		*	
٦			*
٧			*
٨			*
٩			*
١٠			*
١١		*	
١٢			*
١٣			*
١٤		*	
١٥			*

جدول (٤-٥٥) يبين قيم الملمس لزجاج المقارنة المحروق حرقا انضجيا بدرجة حرارة ١٢٥٠ م

رقم النموذج	خشن	نصف خشن	ناعم
١		*	
٢	*		

*			٣
*			٤
*			٥
	*		٦
		*	٧
		*	٨
		*	٩
*			١٠
	*		١١
*			١٢
		*	١٣
*			١٤
*			١٥

جدول (٤ - ٥٦) يبين قيم الملمس لزجاج المقارنة الغسول بدرجة حرارة ١٢٢٥ م

رقم النموذج	خشن	نصف خشن	ناعم
١	*		
٢		*	
٣		*	
٤			*
٥			*
٦			*
٧	*		
٨			*
٩		*	

		*	١٠
*			١١
*			١٢
		*	١٣
*			١٤
		*	١٥

جدول (٤-٥٧) يبين قيم الملمس لزجاج المقارنة الغسول بدرجة حرارة ١٢٥٠ م

٤ - ١١ نتائج قيم الانصهارية

زجاج الرماد المغسول

٥	١٤	١٣	١٢	١١	١٠	٩	٨	٧	٦	٥	٤	٣	٢	١	رقم النموذج
٢	٤	٣	٤	٢	٣	١	١	١	٤	٣	٣	٢	٢	٣	درجة ١٢٢٥ م
٦	٦	٥	٦	٦	٤	٣	٦	٥	٦	٦	٥	٥	٣	٤	درجة ١٢٥٠ م

الزجاج المطبق على الطين مباشر

١	١	١	٢	١	١	٣	٢	١	٤	١	٣	٢	٢	١	درجة ١٢٢٥ م
٣	٣	٢	٣	٢	٢	٤	٣	٢	٥	٣	٤	٤	٣	٢	درجة ١٢٥٠ م

الزجاج المحروق حرقا انصاجيا

٣	٣	٣	٣	٢	٣	٥	٤	٣	٥	١	٣	٤	٢	٢	درجة ١٢٢٥ م
٦	٤	٦	٦	٣	٤	٦	٦	٤	٦	٣	٤	٥	٢	٤	درجة ١٢٥٠ م

النتائج و مناقشتها

٤-١ مناقشة نتائج التحليل الكيمياوي

ظهر من خلال نتائج التحليل الكيمياوي لرماد النباتات المستخدمة في البحث اختلاف واضح في نسب العناصر المعدنية التي يحتويها الرماد ، و هذا الاختلاف ناتج من اختلاف نوع النبات ، و طبيعة العضو او النسيج النباتي الذي تم تحليله ، و عمره و البيئة التي ينمو بها كالضوء و الحرارة و كذلك لعامل الوراثة دور كبير في امتصاص عنصر دون الاخر . (عبد القادر ، و اخرون ، ١٩٨٢ ، ص ٢٢٣) .

و كذلك فإن عامل التنافس بين العناصر ذات التركيزات الكبيرة في التربة تؤدي الى زيادتها في النبات على حساب عناصر اخرى . هنا في التحليل الكيمياوي لرماد النبات بالرغم من نموها في تربة واحدة هناك تفاوت كبير في نسب العناصر حيث تصل نسبة السليكا SiO_2 الى اعلى نسبة ٧٨.٠٢% في قشور الرز(١) ، و من ثم في رماد سعف النخيل (٣) ، و تتسلسل منخفضة الى ان تصل الى ادنى حد في النموذج رقم (٥) كما في الجدول الاتي :

ت	رقم النموذج	السليكا SiO_2	ت	رقم النموذج	السليكا SiO_2
-١	١	٧٨.٠٢	-٩	٩	٣٥.٥٣
-٢	٣	٦٣.٦٣	-١٠	٧	٢٠.١٤
-٣	١٤	٦٠.٠٨	-١١	١١	١٨.٤٢
-٤	٤	٥٤.٤٨	-١٢	١٥	١٧.٢٩
-٥	٢	٥١.٤٣	-١٣	١٠	١٦.٠٢
-٦	١٣	٤٥.١٥	-١٤	٨	١٦.٥٠
-٧	٦	٤٠.٣٧	-١٥	٥	٩.٥٥
-٨	١٢	٣٧.٨٥			

الجدول (٤-٥٧) يبين تدرج السليكا في تحليل نماذج الرماد .

و تعتبر السليكا المكون الرئيسي للزجاج (مكون الشبك) ، و كذلك الالومينا و هي تمثل المواد الأمفورتيرية في الزجاج ، و التي يعتبر وجودها ضروري لزجاج الخزف (البصلي ،

١٩٨٩ ، ص ١٢٢) فنرى ان اعلى نسبة لها في الرماد لم تتجاوز ٦.٨٩ في النموذج رقم ٩ و تنخفض متدرجة الى ان تصل ١.١٨ في النموذج رقم ٤ ، كما في الجدول الاتي :

ت	رقم النموذج	الالومينا Al_2O_3	ت	رقم النموذج	الالومينا Al_2O_3
١	٩	٦.٨٩	٩	١٥	٣.١٠
٢	٢	٥.٨٣	١٠	٦	٢.٩٨
٣	١٠	٤.٥٤	١١	٣	٢.٤٣
٤	١٣	٤.٥٢	١٢	٥	٢.٠٠
٥	١١	٤.٢٢	١٣	١	١.٧٥
٦	١٤	٣.٦٣	١٤	٨	١.٦٠
٧	٧	٣.٤٣	١٥	٤	١.١٨
٨	١٢	٣.١٩			

جدول (٤-٥٨) يبين تدرج الالومينا في تحليل نماذج الرماد

اما بالنسبة للصوديوم و البوتاسيوم و هما من العناصر الذائبة في الماء و ذي فعالية صهر عالية (Green , ١٩٦٧, P.٤١) فنرى اعلى نسبة للصوديوم في النموذج رقم ١٠ حيث بلغت ١٥.٣٣ و تدرج الى ان تصل في النموذج رقم ٣ ، ٢.٠٣ و اعلى نسبة للبوتاسيوم في النموذج رقم ١٥ و اقل نسبة في النموذج رقم ١ كما مبين من الجدولين الاتيين :

ت	رقم النموذج	الصوديوم Na_2O	ت	رقم النموذج	الصوديوم Na_2O
١	١٠	١٥.٣٣	٩	٥	٦.٠٣
٢	٧	١٥.٠١	١٠	٨	٥.٣
٣	١٣	٩.٠٥	١١	٩	٤.٤٩
٤	١١	٨.٥٩	١٢	٢	٤.٣٩
٥	٦	٨.٢٨	١٣	١	٤.٤
٦	٤	٧.٢٥	١٤	١٤	٣.٩٦
٧	١٢	٧.١٨	١٥	٣	٢.٠٣
٨	١٥	٦.٢٤			

الجدول (٤-٥٩) يبين تدرج الصوديوم في تحليل نماذج الرماد .

ت	رقم النموذج	البوتاسيوم K_2O	ت	رقم النموذج	البوتاسيوم K_2O
١	١٥	٢٠.٣٨	٩	٨	٦.٤٦
٢	٩	١٤.٣٧	١٠	١٠	٥.٧٧
٣	١٢	١٣.٢٧	١١	٣	٤.٧٧
٤	٧	٩.٨٩	١٢	٤	٢.٩٩
٥	١١	٩.٤٣	١٣	٥	٢.٩١
٦	١٣	٩.٦٥	١٤	٢	١.٩٨
٧	١٤	٨.٠٤	١٥	١	١.٧٨
٨	٦	٦.٤٩			

الجدول (٤-٦٠) يبين تدرج البوتاسيوم في تحليل نماذج الرماد .

اما بالنسبة الى الكالسيوم و المغنيسيوم فهما من القواعد الخاملة التي تعمل كمقاومات حرارية في درجات الحرارة الواطئة و نتيجة لأرتفاع نسب الكالسيوم بصورة كبيرة في تربة وسط العراق (الفرات الاوسط) حيث تصل الى ٤٠% من مكونات التربة (وسيج ، ١٩٨٩ ، ص ٨٤) . تؤثر هذه النسبة المرتفعة في عملية امتصاص العناصر الاخرى من قبل النبات كالبوتاسيوم و الصوديوم و نرى من التحليل ن اعلى نسبة للكالسيوم في النموذج رقم (٥) حيث بلغت ٧١,٧٠ و تتسلسل منخفضة الى ان تصل ٧.٥٩ في النموذج رقم (١) . و ترتفع نسبة المغنيسيوم في النموذج رقم (١١) حيث تصل الى ١٩.٩٣ و تتسلسل منخفضة الى ان تصل في النموذج رقم (١) حيث تصل ٢.٥ كما في الجدولين الاتيين :

ت	رقم النموذج	الكالسيوم CaO _٢	ت	رقم النموذج	الكالسيوم CaO _٢
١	٥	٧٠.٧١	٩	٢	٢١.٥٧
٢	٨	٥٠.٩٦	١٠	٣	١٦.٧٢
٣	١٠	٣٥.٤٣	١١	١٣	١٥.٥٧
٤	١١	٣٤.٧٠	١٢	١٤	١٤.٨٣
٥	٩	٢٨.٤١	١٣	٤	١١.٨٥
٦	٧	٢٨.٢٥	١٤	٦	١٠.٢٨
٧	١٢	٢٤.٣١	١٥	١	٧.٥٩
٨	١٥	٢٣.٣٤			

الجدول (٤-٦١) يبين تدرج الكالسيوم في تحليل نماذج الرماد .

ت	رقم النموذج	المغنيسيوم MgO _٢	ت	رقم النموذج	المغنيسيوم MgO _٢
١	١١	١٩.٩٣	٩	٣	٦.٧٨
٢	١٠	١٩.٨٨	١٠	١٤	٦.٦١
٣	١٥	١٥.٧٦	١١	٩	٦.٤٠
٤	١٢	١٢.٠١	١٢	٢	٥.٧١
٥	٦	١١.٨٠	١٣	٥	٣.٣١
٦	٧	١١.٨٠	١٤	٤	٣.٢
٧	٨	٨.٦٢	١٥	١	٢.٥
٨	١٣	٨.٥٩			

الجدول (٤-٦٢) يبين تدرج المغنيسيوم في تحليل نماذج الرماد .

اما الحديد فلا يعد تأثير كأوكسيد ملون بالزجاج فحسب و انما صاهر حيث يدخل في التفاعل في عدة حالات حيث يتصرف كمادة حامضية او امفورتيرية او قاعدية (١٦٢-١٦١, P.P. ١٩٧٤ , Hamer) و على هذا الاساس تم حسابه ضمن مجموعة Ro (القواعد) علما ان تأثيرة اللوني يزداد بأرتفاع درجات الحرارة و من التحليل نرى ان اعلى نسبة للحديد بلغت ١٥-١٦ في النموذج رقم ٤ و يتدرج الى ان يصل اقل نسبة ١.١٥ في النموذج رقم (١) كما في الجدول الاتي :

ت	رقم النموذج	الحديد FeO _٣	ت	الرقم	الحديد FeO _٣
---	-------------	----------------------------	---	-------	----------------------------

١	٤	١٦.١٥	٩	١٠	٢.٨٠
٢	١٥	١٣.٢٦	١٠	٩	٢.٧٩
٣	٧	٨.٢٨	١١	١٤	٢.٣١
٤	٦	٦.٣٧	١٢	١٢	١.٨١
٥	٨	٤.٥٧	١٣	٥	١.٥٥
٦	٣	٣.٩٣	١٤	٢	١.٢٧
٧	١٣	٣.٦٢	١٥	١	١.١٥
٨	١١	٣.١٧			

الجدول (٤-٦٣) يبين تدرج الحديد في تحليل نماذج الرماد .

٤-٢ مناقشة نتائج الانصهارية

عند النظر الى جدول نتائج الانصهارية نرى عدم حدوث أي انصهار في درجة حرارة ١٠٠م في حين يحدث بداية انصهار في النماذج ٢،٣،١٠ في درجة ١٠٥٠م .
و من النظر الى جدول (٤-١) التحليل الكيماوي للنموذج رقم ٢ نرى ان كمية السليكا (٥١.٤٣) و كمية القلويات (٦.٣٧) مع كمية القواعد الترابية التي بلغت (٣٣.٦٥) مع (١.١٥) للحديد الذي يعتبر صاهر جيد .

ان هذه الكمية من السليكا ممكن ان تكون زجاج و بوجود هذه النسبة من القلويات التي تنصهر و بأنصهارها تشجع القواعد الترابية على بداية الانصهار في درجات حرارة واطنة .
و عند النظر الى جدول (٤-٦٧) نتائج وحدة الصيغة نجد ان نسبة القواعد الى السليكا هي (١-١.٣٥) و نسبة الالومينا الى السليكا (٠.٠٩-١.٣٥) و هذه النسب ادت الى بداية انصهار للنموذج رقم ٢ في درجة حرارة ١٠٥٠م .

اما النموذج رقم ٣ الذي بلغت كمية السليكا في (٦٣.٦٣) و كمية الالومينا (٢.٤٣) و كمية القلويات (٦.٨) مع (٢٣.٥) قواعد ترابية مع (٣.٣٩) حديد ، فأن كمية السليكا التي ممكن ان تكون زجاج وحدها و كذلك كمية القلويات و القواعد الترابية تبدو مناسبة لبداية الانصهار في درجة حرارة ١٠٥٠م علما ان نسبة القواعد في حسابات وحدة الصيغة الى السليكا هي (١-١.٠٥) اما نسبة الالومينا الى السليكا (٠.٠٢-١.٠٥) .

و كذلك النموذج رقم ١٠ الذي انخفضت نسبة السليكا فيه حيث بلغت (١٦.٠٢) و ارتفاع نسبة القلويات التي بلغت (٢١.١) و كذلك ارتفاع نسبة القواعد الترابية التي بلغت (١.٣٠) و نسبة الحديد التي بلغت (٢.٨٠) .

ان كمية القواعد العالية التي تعمل كصواهر جيدة و بأنصهارها تشجع القواعد الترابية على الانصهار في درجات حرارية مبكرة كذلك انخفاض نسب السليكا و الالومينا يساعد في الانصهار المبكر .

و في النموذج رقم ٤ كان الانصهار شديد و ذلك لألتفاع نسبة السليكا (٥٤.٨٤) و كذلك ارتفاع نسبة القلويات التي بلغت (١٠.٢٤) و نسبة القواعد (١٥.٠٥) .

ان ارتفاع نسبة القلويات سبب انصهار شديد مع وجود كمية مناسبة من السليكا علما ان حسابات وحدة الصيغة تشير الى النموذج رقم ٤ (٠.٠٩-١) و (٠.٠١-٠.٩٠) .

و النموذج رقم ١٣ الذي بلغت نسبة السليكا فيه (٤٥.١٧) و ارتفاع نسبة الالومينا التي بلغت (٤.٥٢) كذلك نسبة القلويات (١٨.٧) و القواعد الترابية (٢٤.١٦) مع (٣.٦٢) للحديد و حسابات وحدة الصيغة تشير الى (١-٠.٩٨) و (٠.٠٥-٠.٩٨) . هذه النسبة المرتفعة للقواعد و خاصة للقلويات الصاهرة ادت الى حدوث الانصهار في هذه الدرجة .

و في درجة حرارة ١١٠٠م لم يحدث أي انصهار في النموذج رقم ١ و ذلك لأرتفاع نسبة السليكا (٧٨.٠٢) العالي جدا و انخفاض نسب القواعد بصورة عامة و القلويات بصورة خاصة .

و النموذج رقم ٢،٣،٤ انصهار كامل ، اما النموذج رقم ٥ فلم يحدث فيه أي انصهار و ذلك لأنخفاض نسبة السليكا لاتي تعتبر هي المكون الاساسي للزجاج (مكون الشبك) و كذلك ارتفاع نسبة القواعد الترابية و خاصة الكالسيوم (٧٠.٧١) الذي يعمل كمقاوم حراري (عائق للصره).

و النموذج رقم ٦ نشاهد انصهار كامل حيث بلغت نسبة السليكا (٤٩.٣٧) و كذلك نسبة القلويات التي بلغت (١٤.٧٥) و القواعد الترابية (٢٢.٠٨) و (٦.٣٧) للحديد ، و كذلك حساب وحدة الصيغة للنموذج تشير الى (٠.٨٢-١) و (٠.٨٢-٠.٠٢) اما النموذج ٧، ١١، ٨، فلم يحدث انصهار في هذه الدرجة الحرارية و ذلك لأنخفاض نسب السليكا و ارتفاع نسب الالومينا و القواعد الترابية .

و في النموذج رقم ٩ نلاحظ حدوث انصهار حيث بلغت كمية السليكا (٣٥.٥٣) و الالومينا (٦.٨٩) و هي اعلى كمية للالومينا في كافة النماذج و كمية القلويات (١٨.٨٦) و انخفاض نسب القواعد الترابية (٣٤.٨١) و كذلك نسبة الحديد التي بلغت (٢.٧٩)، وعند النظر الى حسابات وحدة الصيغة للنموذج نرى ان نسبة القواعد الى السليكا (٠.٦٥-١) و الالومينا الى السليكا (٠.٠٧-٠.٦٥) .

و كذلك النموذج ١٠ بداية انصهار و النموذج ١٢، ١٣، ١٥ انصهار كامل و النموذج رقم ١٤ انصهار قليل علما ان كمية السليكا فيه (٠.٦.٠٨) و الالومينا (٣.٦٣) مع انخفاض كمية القواعد نسبيا .

اما في درجة حرارة ١١٥٠ م فنلاحظ بداية انصهار في النموذج رقم ١ و انصهار كامل في النموذج رقم ٢ وانصهار في النموذج رقم ٣ و انصهار شديد في النموذج رقم ٤ و عدم انصهار في النموذج رقم ٥ و انصهار في النماذج ١٣، ١٢، ٩، ٦ و بداية انصهار في النموذج رقم ١٠ و ٤٤ و عدم انصهار في النموذج ١١ (انظر جدول التحليل الكيماوي و جدول حسابات وحدة الصيغة) في درجة حرارة ١٢٠٠ م بداية انصهار للنموذج رقم ١ و انصهار شديد لجميع النماذج . حيث نلاحظ عند ارتفاع درجات الحرارة تعمل القواعد الترابية (مقاومات الصهر) كصواهر جيدة بأنصهار لخليط الايوتكتيكي في درجة حرارة معينة حيث تتحد كمية القواعد بكمية مناسبة من السليكا ليكون مخلوط ايوتكتيكا .

و في درجة ١٢٢٥ و هي درجة حرارية خارج برنامج الحرق عملت لمقارنة تسلسل الانصهار حيث ان بعض القواعد الترابية تبقى مقاومة للصره الى درجة حرارية معينة و لكن عند انصهارها تنصهر بشدة و فعالية شديدة في الزجاج و يحدث انصهارها تفاعلا شديدا بين المواد مسببا الفقاعات في طبقة الزجاج و ذلك نتيجة خروج الغازات . نلاحظ في هذه الدرجة بداية انصهار في النموذج رقم ١ و انصهار شديد جدا في كافة النماذج الاخرى .

و في درجة ١٢٥٠ م و هي الدرجة الحرارية المثالية لهذا النوع من الزجاج نلاحظ انصهار شديد جدا لكافة النماذج و عليه يمكن ان نحدد حدوث فعل الصهر الى الموازنة بين المواد و في مجاميع الزجاج الثلاث و ارتفاع مجموعة على حساب الاخرى فنلاحظ ارتفاع نسبة الحوامض الى القواعد و ارتفاع نسبة القواعد الى الحوامض و كذلك ارتفاع نسب الصواهر الفعالة على حساب الخاملة و باستمرار ارتفاع درجات الحرارة تتكسر الاواصر بشبك السليكا (المكون الرئيسي للزجاج) حيث تاخذ القواعد فرصا للتأصر مكونة شبك جديد يضم السليكا و الالومينا و القواعد و بهذا تكون الزجاج .

٤-٣ نتائج الفحوصات التي اجريت على الزجاج

٤-٣-١ فحص الصلادة

اظهرت نتائج فحص صلادة السطح (مقاومة الخدش) و حسب مقياس موه (Moh) لتقدير الصلادة كانت نتائج الزجاج في حرارة ١٢٠٠ م انخفاض الى ٥ وحدات و ذلك لعدم نضح الزجاج و خشونة السطح و الخلل في العلاقات بين القواعد و الحوامض (انظر جدول ٤-٦٧) . و من

الاطار النظري ان صلادة الزجاج تعتمد على كمية السليكا الموجودة في تركيبية و صلادة الزجاج الخزف عادة بين صلادة الالبتايت (٥) و الكوارتز (٧).
 (B.S.S. ٨٩١, ١٩٤٠) (B.S.S. ٨٦٠. ١٩٣٩) (B.S.S. ٦٤٣١, ١٩٨٦) و الجدول (٤-٢) يبين ثوابت صلادة الاكاسيد الداخلة في تركيب الزجاج (Harmer . P. ٣٣٨-٣٤٤, ١٩٧٥) و في درجة الحرارة ١٢٥٠ م درجة النضج الكافية للزجاج كانت النتائج ضمن المدى المعقول للمقياس حيث ادى انصهار مركبات الزجاج بشكل كامل و جيد و استقرار السطح و توافق العلاقة بين المركبات المكونة للزجاج و حرارة النضج حيث كان الزجاج اكثر تماسكا و اشد مقاومة للخدش و كانت جميع النتائج للنماذج بدرجة (٧) عدى النموذج رقم (١١) تراوح من ٦-٥ حسب مقياس موه (Moh) .
 و من هذا نلاحظ ان ارتفاع صلادة الزجاج تعتمد على كمية السليكا (مكون الشبك) في تركيب الزجاج .

٤-٣-٢ مناقشة مقاومة الزجاج للمواد الكيميائية

عند النظر الى النماذج المحروقة بدرجة ١٢٠٠ م و كانت نتائج التأثير شديدة جدا و لا يمكن مناقشتها و عليه اجري هذا الفحص و في درجة ١٢٥٠ م و فيما يلي مناقشة النتائج: تبين ان محلول هيدروكسيد البوتاسيوم لم يحدث أي اثر في النماذج و يرجع ذلك الى ارتفاع نسب المواد القاعدية في مكونات الرماد حيث يقل تحرر الايونات و مهاجمة السليكا (الهنداوي ، ١٩٩٧ ، ص ٢٢٣) في حين كان تأثير حامض الهيدروكلوريك HCl كبيرا على بعض النماذج حيث يهاجم الحامض ذرات الاوكسجين غير المتجسرة التي تزيد من ضعف شبك الزجاج و عند النظر الى نسبة القواعد الى نسبة الحوامض و نتيجة لعدم التفاعل التام بين المواد و وجود خلل في الموازنة بينهما حيث تبقى مواد فائضة عن التفاعل (Singer and Singer , ١٩٦٣ , P. ٥٥٤) و عند الرجوع الى حسابات وحدة الصيغة التي تم حسابها على ضوء التحليل الكيميائي نستطيع ان نستنتج بوضوح الموازنة المختلفة بين العلاقات لمجموعة القواعد و الحوامض و المتعادلة .

ففي النموذج رقم ١ لم يتأثر و ذلك لأرتفاع نسبة السليكا . و في النموذج رقم ٢ كان التأثير بسيط جدا حيث لم يحدث أي تشوه في سطح الزجاج و ذلك لأرتفاع نسبة السليكا التي بلغت (٥١.٤٣) . اما في النموذج ٥ حيث كان التأثير شديد جدا و ذلك لأنخفاض نسبة السليكا التي بلغت ٩.٥٥ و كذلك ارتفاع نسبة القواعد بالمقابل . و كذلك في النموذج رقم ٧ حيث بدى التأثير واضح على الرغم من نسبة السليكا التي بلغت ٢٠.١٤ و لكن ارتفاع نسب القواعد و خاصة القلويات ادى الى ذلك . كذلك النموذج رقم ٨ حيث بدى التأثير واضح على السطح و النموذج رقم ١٠ حيث كان التأثير واضح على اجزاء من السطح و كان التأثير الاكبر حيث تآكل السطح في النموذج رقم ١١ الذي بلغت نسبة السليكا ١٨.٤٢ . و ارتفاع نسب القواعد بصورة كبيرة ادى الى هذه النتيجة . و من ملاحظة النتائج يمكننا القول ان اختلال العلاقات بين المجاميع هو السبب في التأثير بالحوامض حيث يهاجم الحامض القواعد الفائضة عن التفاعل .

٤-٤ نتائج حسابات الزجاج

٤-٤-١ حساب وحدة الصيغة

من المعروف ان انتاج الزجاج ذو مواصفات جيدة وفق قواعد علمية ان اقل نسبة لعدد الوحدات الجزئية لا تقل عن ١ و موازنة العلاقة بين كمية القواعد و الحوامض و درجات الحرارة حيث يبين الجدول الكميات التي يفترض ان تكون وفق الدرجات الحرارية المبينة :

درجة الحرارة	نسبة القواعد	الالومينا Al_2O_3	السليكا SiO_2
١٠٠٠م	١	٠.٣٩٠-٠.١٠٠	١.٢٠٠-٢.٨٢٥
١٠٥٠م	١	٠.٤٥٠-٠.١٠٠	١.٣٧٥-٣.١٥٠
١١٠٠م	١	٠.٥٠٠-٠.١٥٠	١.٦٠٠-٣.٥٠٠
١١٥٠م	١	٠.٥٥٠-٠.٢٠٠	١.٩٥٠-٤.٠٠٠
١٢٠٠م	١	٠.٦٥٠-٠.٢٧٥	٢.٤٠٠-٤.٧٠٠
١٢٢٥م	١	٠.٧٠٠-٠.٣٢٥	٢.٦٠٠-٥.١٥٠
١٢٥٠م	١	٠.٧٥٠-٠.٣٧٥	٣.٠٠٠-٥.٧٥٠

جدول (٤-٦٤) يبين نسبة القواعد الى نسبة السليكا و الالومينا في درجات الحرارة من ١٠٠٠م-١٢٥٠م.

درجة الحرارة	نسبة الصوديوم او البوتاسيوم	نسبة المغنيسيوم	نسبة الكالسيوم
١٠٠٠م	اعلى من ٠.٥٧٥	اعلى من ٠.٢٨٠	اعلى من ٠.٢٥٠
١٠٥٠م	اعلى من ٠.٥٢٥	اعلى من ٠.٣٠٠	اعلى من ٠.٣٠٠
١١٠٠م	اعلى من ٠.٤٧٥	اعلى من ٠.٣٠٥	اعلى من ٠.٣٦٥
١١٥٠م	اعلى من ٠.٤٢٥	اعلى من ٠.٣١٥	اعلى من ٠.٤٥٠
١٢٠٠م	اعلى من ٠.٣٧٥	اعلى من ٠.٣٢٥	اعلى من ٠.٥٥٠
١٢٢٥م	اعلى من ٠.٣٥٠	اعلى من ٠.٣٣٠	اعلى من ٠.٦٠٠
١٢٥٠م	اعلى من ٠.٣٢٥	اعلى من ٠.٣٣٥	اعلى من ٠.٦٥٠

الجدول (٤-٦٥) يبين الحد الأدنى لنسب القواعد بين الدرجتين الحراريتين (١٠٠٠م-١٢٥٠م) حسب قاعدة سجر نقلا عن (Green, 1963, P.P. 100-101)

و عند النظر لحساب وحدة الصيغة في النموذج رقم ١ نلاحظ ان نسبة القواعد الى نسبة السليكا هي ٥.١٥/١ وهو ضمن المدى المعقول و نسبة الالومينا الى نسبة السليكا هي ٠.١٥/٠.٠٦ في حين يجب ان تتراوح نسبة الالومينا و كما في الجدول السابق رقم ٩ (٠.٣٧٥-٠.٧٥٠) و عليه فأن هناك خلل في العلاقات بين المواد تبعا لقانون سجر .

و في حسابات النموذج رقم ٢ نشاهد ان نسبة القواعد الى نسبة الحامض هي ١.٣٥/١ و كذلك نسب المتعادل الى الحامض هي ١.٣٥/٠.٠٩ و عليه فأن الزجاج الناتج وفق كمية السليكا الناتجة يكون ذا حرارة واطئة جدا و كذلك نسب الالومينا دون المستوى المطلوب ، و في النموذج رقم ٣ نشاهد ان نسبة القواعد الى نسبة الحوامض هي ١.٠٥/١ و كذلك نسبة السليكا و الالومينا تبعا لقانون سجر .

و النموذج رقم ٤ فأن نسبة القواعد الى نسبة الحامض هي ٠.٩٠/١ و كذلك نسبة المتعادل الى الحامض هي ٠.٩٠/٠.٠١ هو خارج المديات المحسوبة لتكوين زجاج ذا مواصفات خاصة . و كذلك النموذج رقم ٥ حيث بلغت نسبة القواعد الى الحوامض ٠.١٠/١ و المتعادل الى الحامض هي ٠.١٠/٠.٠١ .

و كذلك النموذج رقم ٦ حيث بلغت نسبة القواعد الى الحامض ٠.٨٢/١ و المتعادل الى الحامض هي ٠.٨٢/٠.٠٢ .

و في النموذج رقم ٧ بلغت نسبة القواعد الى نسبة الحامض هي ٠.٣٣/١ و المتعادل الى الحامض هي ٠.٣٣/٠.٠٣ .

و النموذج رقم ٨ بلغت نسبة القواعد الى الحامض ٠.٢١/١ و المتعادل الى الحامض ٠.٢١/٠.٠١ .

اما في النموذج رقم ٩ بلغت نسبة القواعد الى الحامض ٠.٦٥/١ و المتعادل الى الحامض ٠.٦٥/٠.٠٧ .

و النموذج رقم ١٠ نلاحظ ان نسبة القواعد الى نسبة الحامض ٠.١٨/١ و المتعادل الى الحامض ٠.١٨/٠.٠٣ .

وفي النموذج رقم ١١ بلغت نسبة القواعد الى الحامض ٠.٢٢/١ و المتعادل الى الحامض ٠.٢٢/٠.٠٣ .

وفي النموذج رقم ١٢ بلغت نسبة القواعد الى الحامض ٠.٦٣/١ و المتعادل الى الحامض ٠.٦٣/٠.٠٣ .

واما في النموذج رقم ١٣ بلغت نسبة القواعد الى الحامض ٠.٩٨/١ و المتعادل الى الحامض ٠.٩٨/٠.٠٥ .

و النموذج رقم ١٤ بلغت نسبة القواعد الى الحامض ١.٦٨/١ و المتعادل الى الحامض ١.٦٨/٠.٠٨ .

وفي النموذج رقم ١٥ بلغت نسبة القواعد الى الحامض ٠.٢٣/١ و المتعادل الى الحامض ٠.٢٣/٠.٠٢ .

و عليه لا يمكن حساب زجاج الرماد حسب قانون سجر و ذلك لعدم مطابقة الزجاج لبيانات القاعدة حول درجة الحرارة و الشفافية .

تقدم لنا قاعدة سجر بيانات واضحة عن درجة حرارة الزجاج و شفافيته وفق العلاقات بين المجاميع المكونة للزجاج ، و ان عدم التوازن بين العلاقات يسبب اخطاء في الزجاج من حيث النضج و الشفافية و المواصفات الاخرى .

و عند النظر الى الجدول (٤-٦٧) الذي يمثل نسبة القواعد الى الحوامض و نسبة المتعادل الى الحامض في حسابات وحدة الصيغة و بالمقارنة مع الجدولين (٤-٦٥) و (٤-٦٦) اللذين يمثلان كميات و نسب المواد التي يفترض ان تكون حسب درجات الحرارة . نجد ان هناك خلل كبير في الموازنة في العلاقات و هذا ما يسبب اخطاء للزجاج المكون او تكون زجاج خارج بيانات القاعدة أي خارج الشروط القياسية و المواصفات المطلوبة و المديات المحددة سلفا سواء كانت للحرارة او الشفافية و عليه لا يمكن ان تعتمد قاعدة سجر لتحديد مواصفات مثل هذا النوع من الزجاج .

٤-٤-٢ الشد السطحي

عند النظر الى جدول نتائج الشد السطحي نشاهد ارتفاع مقدار الشد السطحي بأنخفاض نسب المواد الصاهرة بسبب انخفاض مقدار شدها السطحي و عليه فانها تؤثر في اتجاه انخفاض قيم الشد السطحي ، قد ظهرت نتائج الشد السطحي للزجاج ضمن المدى المحدد لزجاج الخزف من ١٣٠ دابن /سم^٢ الى ٥٠٠ دابن /سم^٢ . عند النظر الى النموذج رقم (١) نلاحظ ارتفاع نسبة السليكا فيه حيث بلغت (٧٨.٠٢) و كذلك انخفاض نسب المواد الصاهرة التي تؤثر بانخفاض الشد لسطحي نتيجة انخفاض شدها السطحي و النموذج رقم (٢) و من التحليل الكيماوي نشاهد ان نسبة السليكا (٥١.٤٣) مع ارتفاع نسبة الالومينا التي بلغت (٥.٨٣) و نسبة الكالسيوم التي بلغت (٢١.٥٧) و هذه القيم ترفع من مقدار الشد السطحي . و النموذج رقم (٣) فإن ارتفاع نسبة السليكا التي بلغت (٦٣.٦٣) و نسبة الالومينا التي بلغت (٢.٤٣) و كذلك نسبة الكالسيوم (١٦.٧٢) . اما النموذج رقم (٤) فإن ارتفاع نسبة السليكا التي بلغت (٥٤.٤٨) و نسبة الكالسيوم (١١.٨٥) ادى الى ارتفاع مقدار الشد السطحي في الزجاج . اما في النموذج رقم (٥) مع انخفاض نسبة السليكا الى (٩.٥٥) و نسبة الالومينا الى (٢) و ارتفاع نسبة الكالسيوم الذي بلغ (٧٠.٧١) ادى الى ارتفاع مقدار الشد السطحي للزجاج و النموذج رقم (٦) فإن كمية السليكا كانت (٤٩.٧٣) و الالومينا (٢.٩٨) و تقارب النسب بين كميات القلويات و القواعد الترابية مع زيادة نسبة القواعد الترابية . و النموذج رقم (٧) حيث بلغت السليكا (٢٠.١٤) مع ارتفاع نسبة الالومينا نسبيا حيث بلغت (٣.٤٣) و نسبة القلويات المرتفعة ادى الى انخفاض مقدار الشد السطحي .

و النموذج رقم (٨) فإن انخفاض نسب لسليكا الى (١٦.٠٢) و كذلك نسب الالومينا مع كمية معتدلة من القلويات . و النموذج رقم (٩) حيث بلغت كمية السليكا في (٣٥.٥٣) و ارتفاع نسبة الالومينا التي بلغت (٦.٠٢) كذلك ارتفاع نسب القلويات و تقارب نسب القواعد الترابية معها نسبيا .

و انخفاض السليكا في النموذج رقم (١٠) الى نسبة (١٦.٠٢) و ارتفاع نسبة الالومينا التي بلغت (٤.٥٤) و ارتفاع نسبة القويبات مع ارتفاع نسب القواعد الترابية ادى الى ارتفاع مقدار الشد السطحي .

و في النموذج رقم (١١) فإن انخفاض نسبة السليكا حيث بلغت (١٨.٤٢) و نسبة الالومينا (٤.٢٢) كذلك ارتفاع نسبة القواعد الترابية على حساب القلويات ادى الى ارتفاع مقدار الشد السطحي للزجاج و النموذج رقم (١٢) فإن نسبة السليكا التي بلغت (٣٧.٨٥) مع نسبة (٣.١٩) للالومينا و تقارب النسب بين القلويات و القواعد الترابية . و النموذج رقم (١٣) فإن نسبة السليكا فيه بلغت (٤٥.١٧) كذلك ارتفاع نسبة الالومينا التي بلغت (٤.٥٢) و تقارب النسب بين القلويات و القواعد الترابية .

و النموذج رقم (١٤) فإن ارتفاع نسبة السليكا الى (٦٠.٠٨) و كذلك الالومينا (٣.٦٣) و تقارب النسب بين القلويات و القواعد الترابية . و في النموذج (١٥) فإن نسبة السليكا بلغت (١٧.٢٦) و (٣.١٠) للالومينا و تقارب نسب القلويات و القواعد .

و من مشاهدة نتائج الجدول نرى ان قوة الشد السطحي ذات ارتباط وثيق باللزوجة (انظر الجدول ٣-٢) . فكلما ارتفعت اللزوجة زادت قيم الشد السطحي للزجاج و تعتمد درجة اللزوجة على قوة الاصرة التي تربط الايون الموجب بأيون الاوكسجين السالب و هذه القوة تحدد القابلية الانصهارية لتكوين الحالة الزجاجية فكلما ارتفعت قوة الاصرة قلة قابلية الانصهار . (Norton , ١٩٧٤ , PP.١٦٤-١٦٥) .

و من النتائج نستطيع ايجاز العوامل المؤثرة في اللزوجة و الشد السطحي :

- ١- ارتفاع نسب القواعد على حساب نسب القلويات الصاهرة .
- ٢- ارتفاع نسب السليكا و الالومينا .
- ٣- اسلوب الحرق حيث لا يعطي الحرق السريع فرصة كافية للمركبات لكي تكون بمائعة عالية بعد انصهارها مما ينتج عنها لزوجة عالية بسبب الشد السطحي بين جزيئات السائل المتكون الذي لا يسمح بالغازات المتحررة من النفاذ خلال هذه الطبقة اللزجة . (الهنداوي ، ١٩٩٧ ، ص ٢٠١) .

٤-٣ كثافة الزجاج المحروق

تتأثر كثافة الزجاج المحروق على انعكاس و انكسار الضوء فكلما زادت الكثافة زاد لمعان و بريق الزجاج و تتراوح كثافة الزجاج بين ٢.١٢٥-٨.١٢٠ و عند النظر الى جدول (٤-٢٧) نتائج كثافة الزجاج المحروق الذي حسب حسب ثوابت الكثافة (١٩٧٤ ، P٣٣٨-٣٤٤ Harmar) نرى ان كثافة الزجاج للنماذج جميعا تراوحت بين (٣-٢) و اعلى كثافة للزجاج كانت في الانموذج رقم (١٥) حيث بلغت (٣-٢٢) و هي ضمن المدى المحدد لكثافة الزجاج المحروق (علام ، ١٩٦٤ ، ص ١٣٣) .

٤-٥ الفحوصات الفيزيائية

٤-٥-١ النقل الطولي للجسم الطيني و الفخاري

ان اهم العوامل المؤثرة على النقل الطولي هي اللدونة ، أي نسبة الماء المضاف (ماء التشكيل) و كمية المواد غير اللدنة المضافة . و من الملاحظ ان الخلطة المكونة من ٢٠% مسحوق فخار (كروك) و ٨٠% كاؤلين دويخله و عند الجفاف حيث يتبخر الماء تاركا فراغات . تحاول جزيئات الطين سده نتيجة قوة الجذب (علام ، ١٩٦٤ ، ص ١٥٠-١٥١) كذلك ان نسب المواد غير اللدنة المضافة تعمل كمادة حشو (Filler) تؤدي الى الحد من نسب النقل (Rhodes P.٧٠ , ١٩٧٥) , و قد بلغت النسبة الكلية للنقل ٨.٢٣% .

٤-٥-٢ امتصاص الماء – المسامة الظاهرية – الكثافة الحجمية للجسم

الفخاري

عند النظر الى نتائج المسامية نجد ان ارتفاعها بشكل كبير في النموذج الفخاري حيث بلغت (٥١.٢٣%) في حين بلغت في النموذج الطيني (٢١.٨٧%) و بارتفاع نسب المسامية تنخفض

نسب الكثافة الحجمية أي تحميلية الجسم الفخاري للأجهادات و بلغت كثافة الجسم الفخاري (٢.٥٤%) و الجسم الطيني (١.٣٧%).
و بزيادة الكثافة يقل الامتصاص حيث بلغت كمية الامتصاص للجسم الفخاري (٢٠.٥%) و الجسم الطيني (١٦.٠٢%).

٤- ٦- كثافة مستحلب الرماد

٤- ٧- المواد الذائبة الممتصة من قبل الجسم الفخاري

٤- ٨- الذوبان في الماء

عند النظر الى جدول (٤-٢٥) نلاحظ ان اعلى نسبة للمواد الذائبة في الماء في النموذج رقم (٧) و ذلك لأرتفاع نسب المواد الذائبة فية (البوتاسيوم و الصوديوم) انظر الجدول (٤-١) نتائج التحليل الكيماوي و يليها النموذج رقم ٨ ، ٩ و النموذج رقم ١١ و ١٢ و من ملاحظة النتائج تبين ان كمية الماء مهمة في كمية العناصر الذائبة و كذلك فترة التنقيح و عدد مرات الغسل للرماد و نسب المواد الذائبة في تحليل الرماد و عليه فأن امتصاص الواد الذائبة من قبل الجسم الفخاري يتوقف على مسامية الجسم اولا و كمية المواد الذائبة في الماء و تركيزها .

٤- ٩- نتائج خلطات المقارنة

٤- ٩- ١- غسل الرماد

نلاحظ بعد مراجعة جدول نتائج الذوبانية ان هناك كمية من المواد الفائضة عن التفاعل قد خرجت اثناء الغسل حيث بدا الزجاج اكثر نضاعة و شفافية و بريق في درجة ١٢٥٠ م . ففي النماذج ١٥،٨،٦،٥ ظهرت مواد عالقة معتمة على سطح النماذج ٧ و ١٠ علما ان اعلى نسبة الصوديوم في هذين النموذجين من الرماد انظر جدول (٤-١) نتائج التحليل الكيماوي للنماذج كذلك وجود فقاعات مفتوحة مع سطح خشن في النموذج ١٣،٢،١.

اما في درجة ١٢٢٥ فهناك تأثير واضح و تفاوت كبير في نتائج بعض النماذج ، النموذج رقم ١ سطح متعرج مع فقاعات و تلبد و عتمة بيضاء و النموذج رقم ٢ عتمة مع لون خاكي و عدم نضج و النماذج رقم ٥،٤،٣ تحتاج الى نضج اكثر ، اما في النماذج ٩،٨،٧ انصهار مع خشونة عالية جدا و عتمة و عدم نضج . اما النماذج ١٢،١١،١٠ فهي تحتاج الى نضج اكثر و النموذج رقم ١٣ فقاعات كثيرة و كبيرة الحجم و سطح خشن جدا و عتمة و النموذج رقم ١٤ ظهر سطح لماع فيه تأثيرات لونية جميلة جدا و كذلك النموذج رقم ١٥ فهو مستوى نصف لماع يحتاج الى نضج اكثر .

و من خلال التجارب نلاحظ ان تأثير الصوديوم و ما يسببه من تأثير في تشقق و تجزع الزجاج واضحا جدا في النماذج ٨،٦،٥ حيث بقي تأثير الصوديوم واضحا حتى بعد الغسل .
و عند مقارنة نتائج تجارب الغسل المحروق بدرجة حرارة ١٢٥٠ م و التجارب في نفس الدرجة التي لم يغسل فيها الرماد كما في الجدول (٤-٢٢) .

و من خلال نتائج الجدول يبين ان اخراج المواد الفائضة عن الموازنة في التفاعل قد يفيد الزجاج و في حالة حرمان الخلطة من لامواد الذائبة في الماء و هي اشد الصواهر فعالية فان ذلك يؤدي الى خلل الموازنة في العلاقات بين المجاميع و عليه تتغير نتائج الزجاج .

٤- ٩- ٢- اسلوب الحرق البطيئ

من النظر الى نتائج الحرق البطيئ للزجاج و بدرجتين حراريتين و لفترة ساعتين نلاحظ ان الزجاج استقر و بشكل كامل حيث بدا اكثر بريقا و شفافية و لمعان و اخذت العتمة تختفي نهائيا ليبدو شفاف تماما يعكس لون الجسم الفخاري المطبق عليه كما في النموذجين ١٣،١٢ و النماذج

٥،٦،٨،٩ تحتوي على تجزعات صغيرة يسببها اوكسيد الصوديوم و اختلاف في التمدد و التقلص بين الزجاج و الجسم الفخاري .

و النماذج ٢،٣،١٤،١٥ كان التغير نحو الشفافية حيث تختفي العتمة تدريجيا مع استقرار طبقة الزجاج و خلوها من المشاكل .

اما النماذج ٧،١٠،١١ و هي الخلطات التي تحتوي على نسب عالية من القواعد و خاصة القلويات فقد غطت سطح النماذج مواد القة معتمة زائدة عن التفاعل . و من النظر الى النتائج يعتقد الباحث ان نجاح الزجاج و خلوه من المشاكل و العيوب ، يتأثر بشكل فعال في فترة الحرق (فترة الانصاج) ، حيث تأخذ وقتها الكافي لأتمام التفاعل و خروج الغازات و استقرار طبقة الزجاج .

٩-٤-٣ تطبيق الزجاج على الطين مباشرة

عند النظر الى نتائج النماذج نلاحظ :

- ان جميع النماذج في درجة حرارة ١٢٢٥ م كانت غير ناضجة و ذات طبقة زجاج متيبسة و متفشرة ، مع وجود انسحابات و تجعدات في السطح و ثقوب دبوسية و انصهار غير كامل ، في حين استقرت طبقة الزجاج و اكتملت الانصهارية في درجة حرارة ١٢٥٠ م كما في النماذج ٢،٣،٤،٦،٩،١٢ .

- اما في النموذج رقم ١ فقد تجمع الزجاج في وسط النموذج الفخاري على شكل مستطيل مع سطح متوسط الانصهار معتم يحتوي على ثقوب دبوسية اعطت خشونة للسطح . و النماذج ٥،٧،٨،١٠،١١،١٤،١٥ فكانت طبقة الزجاج معتمة و ذات تأثيرات لونية مختلفة و تحتاج الى انصهار اعلى . و اما النموذج رقم ١٣ فقد تجعد السطح بصورة كبيرة نتيجة لوجود الفقاعات الكبيرة المفتوحة من الاعلى و انسحاب طبقة الزجاج المعتمة (عتمة بيضاء) جعلت السطح ذا خشونة و عدم تجانس و استقرار ، و من خلال هذه النتائج يعتقد الباحث ان تطبيق الزجاج على الطين مباشرة يجب ان يكون وفق شروط و اهمها ملائمة الخلطة لهذا الغرض او تعديلها بأضافة مواد معدلة اخرى . و ان الزجاج المطبق على جسم فخاري في درجة حرارة معينة ليس بالضرورة ان يكون صالح للتطبيق على الطين مباشرة .

٤-١٠ تقييم نتائج الزجاج

٤-١٠-١ اللون

اظهرت النتائج ان تأثير اوكسيد الحديد كملون في لزجاج يزداد بارتفاع درجات الحرارة كما في النموذج رقم ٤ و النموذج رقم ١٥ و كونه الملون الوحيد في الزجاج فعند النظر الى الجدول رقم (٤-٦٤) الذي يمثل تدرج نسب الحديد و نماذج الرمامد ، ترى ان اكبر نسبة له كانت في النموذج رقم ٤ حيث بلغت (١٦.١٥) و تليها في النموذج ١٥ (١٣.٢٦) و هذا واضح في نتائج الزجاج في النموذج رقم ٤ و ١٥ حيث بدى تأثير اوكسيد الحديد على النماذج واضحا و ذو تأثيرات عسلية الى جوزية مع زرقة واضحة في النموذج رقم ٤ و ذلك لتحلل اوكسيد الحديد الاكمر FeO^{+} الى اوكسيد الحديد الثنائي FeO^{+2} (Musa , ١٩٨٣, P.١١٨) (Hamer , ١٩٧٤, P.١٠١) و ذلم بارتفاع نسب القلويات في الزجاج .

و في ما يأتي جدولان يمثلان قيم نتائج التحليل اللوني و اللون السائد .

رقم النموذج	الازرق	الاصفر	الاحمر	اللون السائد
١-				عدم نضج لم يظهر شيئا
٢-	٢٤.٠٢	٣٥.٧٣	٤٠.٢٤	خاكي غامق
٣-	٢٨.٣٨	٣٥.٣٥	٣٦.٢٧	خاكي فاتح
٤-	٢٢.٨٣	٣٦.٣٦	٤٠.٨٠	خاكي غامق
٥-				عدم نضج لم يظهر شيئا
٦-	٢٦.٤٦	٣٤.٢٢	٣٩.٣٢	بني غامق
٧-	٢١.٥٤	٣٤.٧٨	٤٣.٦٨	جوزي
٨-				عدم نضج لم يظهر شيئا
٩-				عدم نضج لم يظهر شيئا

١٠-	٢٢.٢٧	٣٦.١٢	٤١.٦٢	خردلي
١١-	٢١.٩٥	٣٥.٥٠	٤٢.٥٦	اوكر
١٢-	٢٨.١٩	٣٤.٥٩	٣٧.٢٢	رصاصي
١٣-	٢٩.٧٦	٣٤.٥٥	٣٥.٦٩	كريمي
١٤-	٢٦.٩٤	٣٥.٥٨	٣٧.٤٩	كريمي فاتح
١٥-	٢٥.٤٢	٣٣.٩٣	٤٠.٦٥	خاكي

الجدول (٤-٦٦) يبين قيم نتائج التحليل اللوني و اللون السائد في درجة حرارة ١٢٠٠ م.

رقم النموذج	الازرق	الاصفر	الاحمر	اللون السائد
١-	١٣.٠٧	٣٤.٢٨	٣٤.٦٥	رصاصي مزرق
٢-	٢٥.٧٠	٣٥.٢٢	٣٩.٠٨	خاكي غامق
٣-	٣٠.٨٠	٣٤.٥٢	٣٤.٦٨	رصاصي فاتح
٤-	٣٢.٧٠	٣٤.٠٧	٣٣.٢٣	ازرق شاحب
٥-	٢٩.١٨	٣٤.٤٢	٣٦.٤٠	بيجي فاتح
٦-	٢٧.٤١	٣٤.٧٢	٣٧.٨٧	خاكي غامق
٧-	٢٦.٣٠	٣٥.٥٩	٣٨.١١	خاكي فاتح
٨-	٢٥.٦١	٣٥.١٤	٣٩.٢٥	خاكي
٩-	٣١.٦٨	٣٤.٩٦	٣٣.٣٦	زيتوني غامق
١٠-	٢٤.٥٧	٣٤.٨٤	٤٠.٦٠	خاكي
١١-	٢٣.٨٧	٣٥.٢٦	٤٠.٨٧	اوكر
١٢-	٣٠.٥٦	٣٤.٦٦	٣٤.٧٨	اخضر فاتح
١٣-	٣١.٤٠	٣٤.٥٧	٣٤.٠٣	رصاصي مزرق
١٤-	٢٧.٣٧	٣٥.٦٦	٣٦.٩٧	بيجي
١٥-	٢٦.٩٣	٣٤.٠٢	٣٩.٠٥	جوزي

الجدول (٤-٦٧) يبين قيم نتائج التحليل اللوني و اللون السائد في درجة حرارة ١٢٥٠ م.

و من ملاحظة نتائج الجدولين نرى ان تاثير اوكسيد الحديد الثنائي و الثلاثي يبدو واضحا في درجة ١٢٥٠ م حيث كانت الالوان غامقة و ذات تاثيرات زرقاء الى خضراء مع نسب متفاوتة من التأثيرات اللونية العسلية الى جوزي غامق علما ان الصفة الغالبة الى جميع الالوان هي الخضراء و الزرقاء .

اما في درجة حرارة ١٢٠٠ م فكانت الالوان ذات دوجة لونية افتح يغلب عليها اللون الاصفر الى الاكر المخضر .

٤-١٠-٢ الشفافية

عند النظر الى جدول (٤-٣٠) قيم نتائج الشفافية ، نلاحظ في النموذج رقم (١) عتمة بيضاء سببها مواد غير منصهرة في الزجاج و عند النظر الى نتائج الحرق البطيئ نلاحظ اختفاء العتمة تدريجيا بازياد الانصهارية و اكتمال التفاعل بين المواد .

و النموذج رقم ٢ نلاحظ عتمة ذات تأثيرات لونية خاكية مع سطح لامع و يرجع سبب العتمة الى وجود مواد غير منصهرة مع وجود مواد غير منصهرة مع وجود كمية عالية من اوكسيد الكالسيوم الذي يعكس صفو الزجاج .

و النموذج رقم ٣ عتمة بيضاء مع سطح لامع مستوي و ذلك لوجود مواد غير منصهرة و عدم اكتمال التفاعل و تختفي هذه العتمة ليظهر الزجاج اكثر شفافية حيث نرى لون النموذج الفخاري في الحرق البطيئ .

في النموذج رقم ٤ نرى تأثير الحديد واضحا حيث تبلغ اعلى نسبة له في النموذج انظر جدول التحليل (٤-١) و تحليل اوكسيد الحديد الثنائي الى الثلاثي حيث بدى لون النموذج ازرق مخضر ، و كذلك وجود مواد غير منصهرة و بلورات و وجود طوران من السائل داخل السائل الزجاجي كما هو واضح في الفحص الميكروسكوبي .

انظر الشكل رقم ٤ في الفحص الميكروسكوبي في درجة حرارة ١٢٥٠ م . انظر التحليل اللوني للنموذج رقم ٤ ، و تختفي الزرقة ليبدو اكثر شفافية في الحرق البطيئ .

اما النموذج رقم ٥ فكانت العتمة سببها وجود الكمية العالية من اوكسيد الكالسيوم (٧٠.٧١) الذي يعمل كعائق للصهر و كذلك انخفاض نسبة السليكا في المقابل ، و نلاحظ عند الحرق

البطي ان الزجاج بدى اكثر شفافية مع وجود مواد فائضة عن التفاعل غطت طبقة الزجاج في بعض زوايا النموذج .

و النموذج رقم ٦ بدى نصف شفاف و ذلك لوجود مواد غير منصهرة عالقة في السائل الزجاجي كما هو مبين في الفحص الميكروسكوبي و نلاحظ زوال العتمة و زيادة الشفافية مع التجزعات في اسلوب الحرق البطيئ حيث تأخذ الاكاسيد فرصتها للتفاعل الكامل .

و النموذج رقم ٧ فكان شفاف مع تأثيرات لونية عسلية مع وجود طبقة من المواد الفائضة عن التفاعل و تستمر هذه المواد حتى تغطي سطح الزجاج بأكمله عند الحرق البطيئ .

اما في النموذج رقم ٨ فبدى شفاف مع تأثيرات اوكسيد الكالسيوم الذي بلغت نسبته (٥٠.٩٦) و انخفاض نسبة السليكا الى (١٦.٥٠) و يزداد شفافية مع كثرة التشققات في الحرق البطيئ حيث هناك فرصة اكبر لأتمام التفاعل .

و النموذج رقم ٩ فكان الزجاج شفاف مع تأثيرات زرقاء يسببها اوكسيد الحديد و تحلله و نشاهد اختفاء هذه التأثيرات لتصبح عسلية مع زجاج رائق و ذا شقوق صغيرة عند الحرق البطيئ .

اما النموذج رقم ١٠ فكان شفاف و بتأثيرات لونية خفيفة جدا علما ان نسبة الكالسيوم فيه (٣٥.٤٥) كذلك نسبة السليكا (١٦.٠٢) بالمقابل و عند الحرق البطيئ ظهرت بقع من المواد الغير منصهرة و الفائضة عن التفاعل و هي تغطي جزء من سطح تانموذج الزجاجي .

و في النموذج رقم ١١ فبدى معتم و ذلك لأرتفاع نسب القواعد و انخفاض نسب السليكا و وجود مواد عالقة في السائل الزجاجي كذلك خلل العلاقات بين المجاميع و تستمر العتمة حتى في الحرق البطيئ .

اما النموذج رقم ١٢ تظهر عتمة بيضاء تسببها مواد غير منصهرة كذلك زيادة كمية القواعد الترابية على حساب القلويات و تختفى هذه العتمة ليصبح الزجاج شفاف جدا و يبدو تأثير لون الجسم الفخاري من خلاله في الحرق البطيئ .

و النموذج رقم ١٣ كذلك عتمة بيضاء مع وجود فقاعات غير منفجرة داخل السطح الزجاجي و وجود بلورات و مواد عالقة ، و اختفت العتمة تدريجيا ليبدو الزجاج شفاف جدا بأعطاء المركبات فرصة اكبر للتفاعل اثناء الحرق البطيئ .

اما النموذج رقم ١٤ فكان يحتوي على عتمة بيضاء داخل سطح النموذج و اطراف شفافة نتيجة وجود مواد غير منصهرة و بدى تأثيرها اشد في الحرق البطيئ حيث تحولت الى عتمة بيضاء .

و النموذج رقم ١٥ فبدت عليه عتمة ذات تأثيرات عسلية غامقة و ذلك لوجود مواد عالقة غير منصهرة بيضاء غطت سطح النموذج تم مشاهدتها خلال الفحص الميكروسكوبي و تختفي هذه المواد ليصبح السطح شفاف ذا أثيرا عسلية و تاثرات بسيطة لأوكسيد الحديد اثناء الحرق البطيئ

٤-١٠-٣ الملمس

عند النظر الى جدول (٤-٣٠) نتائج الانصهارية ، نلاحظ زيادة الانصهار مع زيادة

الحرارة حيث تستوي طبقة الزجاج بأكتمال التفاعل و من ملاحظة جدول (٤-٣٢) تقييم نتائج

الملمس نلاحظ في النموذج رقم (١) خشونة السطح و عدم كفاية الحرارة للنضج و ارتفاع نسبة

السليكا في النموذج حيث بلغت (٧٨.٠٢) نلاحظ استواء السطح في نفس النموذج عند اعتماد

اسلوب الحرق البطيئ و كذلك النموذج رقم (١٣) فكانت خشونة السطح سببها التفاعل الشديد بين

المركبات في الزجاج و خروج الغازات و كمية القويات الموجودة و ارتفاع نسبة المغنيسيوم الذي

يسبب عند تفاعله خروج غازات تاركة فقاعات كثيرة في سطح الزجاج . و النموذج رقم (٥) كان

متوسط الخشونة و ذلك لأرتفاع نسبة القواعد الترابية حيث بلغت نسبة الكالسيوم (٧٠.٧١) ادت الى

خلل الموازنة بين المواد و عدم الانصهار المبكر و النموذج رقم (٧) كان ذا خشونة متوسطة نتيجة

وجود مواد فائضة عن التفاعل غطت طبقة الزجاج أي ان هناك خلل في العلاقات بين المجاميع و

كذلك النموذج رقم ١١ كان متوسط الخشونة بسبب انخفاض نسبة السليكا (مكون الشبك) و ارتفاع

نسب القواعد و خاصة الكالسيوم اما النموذج رقم (١٢) فكان ذا خشونة متوسطة بسبب زيادة

القواعد الترابية و عدم الانصهار الكامل مع وجود فتحات دبوسية و ذلك الى ارتفاع نسب

المغنيسيوم . اما النماذج ١٥، ١٤، ١٠، ٩، ٨، ٦، ٤، ٣، ٢ فكانت ذات سطح مستوي و ناعم و خالية من

التعرجات و الاخطاء و يرجع ذلك لأكتمال الانصهار و التوافق في العلاقات بين مجاميع الزجاج .

و تكون العلاقة ١٠/١ للزجاج الشفاف ٥/١ للزجاج المعتم و ٧.٥/١ للزجاج نصف الشفاف .

الرقم	السليكا	الالومينا	القلويات	القواعد	الحديد Fe_2O_3
-------	---------	-----------	----------	---------	------------------

	الترايبية		Al ₂ O ₃	SiO ₂	
١.١٥	١٠.٠٩	٦.١٨	١.٧٥	٧٨.٠٢	-١
١.٢٧	٢٧.٢٨	٦.٣٧	٥.٨٣	٥١.٤٣	-٢
٣.٩٣	٢٣.٥	٦.٨	٢.٤٣	٦٣.٦٣	-٣
١٦.١٥	١٥.٠٥	١٠.٢٤	١.١٨	٥٤.٤٨	-٤
١.٥٥	٧٤.٠٢	٨.٩٤	٢.٠٠	٩.٥٥	-٥
٦.٣٧	٢٢.٠٨	١٤.٧٥	٢.٩٨	٤٩.٣٧	-٦
٨.٢٨	٤٠.٠٥	٢٤.٩	٣.٤٣	٢٠.١٤	-٧
٤.٥٧	٥٩.٥٨	١١.٧٦	١.٦٠	١٦.٥٠	-٨
٢.٧٩	٣٤.٨١	١٨.٩٦	٦.٨٩	٣٥.٥٣	-٩
٢.٨٠	٥٥.٣١	٢١.١	٤.٥٤	١٦.٠٢	-١٠
٣.١٧	٥٤.٦٣	١٨.٠٢	٤.٢٢	١٨.٤٢	-١١
١.٨١	٣٦.٣٢	٢٠.٤٥	٣.١٩	٣٧.٨٥	-١٢
٣.٦٢	٢٤.١٦	١٨.٧	٤.٥٢	٤٥.١٧	-١٣
٢.٣١	٢١.٤٤	١٢	٣.٦٣	٦٠.٠٨	-١٤
١٣.٢٦	٣٩.١	٢٦.٦٢	٣.١٠	١٧.٢٩	-١٥

جدول (٤-٨) : يبين نسب القواعد الترابية الى القلويات و كمية السليكا و الالومينا و الحديد. و من ملاحظة جدول نتائج الانصهارية نرى عدم حدوث أي انصهار في درجة حرارة ١٠٠٠ م لكافة نماذج الزجاج في حين يحدث بداية انصهار في النماذج ٣ ، ٢ و ١٠ في درجة حرارة ١٠٥٠ م و عند النظر الى نسب القلويات الى القواعد الترابية فإن كمية القواعد الترابية مرتفعة نسبياً عن كمية القلويات الصاهرة حيث تعمل هذه القواعد الترابية على مقاومات للصهر في درجات الحرارة الواطئة دون ١١٠٠ م و تبدو كمادة عالقة في السائل الزجاجي .

٥- الاستنتاجات

١. عوض ارتفاع نسبة القواعد الترابية ذات اللزوجة العالية نسبياً عن الالومينا القليلة راجع جدول ثوابت اللزوجة (٤-٢) الى رفع لزوجة السائل الزجاجي واستقراره على سطح الجسم الفخاري.
٢. ادى ارتفاع نسبة السليكا في بعض النماذج الى صعوبة النضج الا في درجة حرارة ١٢٢٥ م كما في رماد الرز. ومن جانب اخر فان انخفاض السليكا الحاد في نماذج اخرى ادى الى عدم تكون زجاج كما في رماد النارج.
٣. ارتفاع نسب الاكاسيد ذات عوامل كثافة عالية في نماذج الرماد ادى الى ارتفاع كثافة الزجاج.
٤. عند مناقشة وحدة الصيغة ظهر خلل واضح في العلاقات للوحدات الجزئية بين المجاميع الاوكسيدية الثلاث مما ادى الى عدم اعتماد بيانات قاعدة سيكر لتحديد درجة الشفافية والعتمة لزجاج الرماد.
٥. ان ارتفاع نسبة القواعد الترابية والاكاسيد القلوية في معظم النماذج ادى الى التآكل الشديد في طبقة الزجاج عند الفحص بالحامض بينما ارتفاع السليكا في نماذج أخرى قلل من هذا التآكل.
٦. ارتفاع نسبة السليكا في نماذج زجاج الرماد نتج عنه ارتفاع قيم الصلادة بينما ارتفاع الاكاسيد الاخرى ادى الى انخفاض الصلادة.
٧. ارتفاع نسب اوكسيد الحديد ادى الى اطفاء الاطياف البينية في كل النتائج للزجاج وهذا نتيجة احتواء الترب الزراعية على نسب عالية نسبياً من هذا الاوكسيد ويسبب

- انخفاض الالومينا وارتفاع القلويات في بعض النتائج نتج على ظهور الاطيف المزرقة والمخضرة بسبب تحلل الحديد الثنائي الى الثلاثي .
٨. ارتفاع السليكا والقواعد الترابية فضلاً عن الحديد نتج عنه مواد زائدة عن التفاعل المتوازن المستمر الذي يجعل هذا الزائد عالق في السائل الزجاجي فضلاً عن تكون اطوار سائلة اخرى مما ادى الى تكون عتمة.
٩. ان تفاعل الزجاج والطينية في ان واحد عند التطبيق على الجسم الطيني ينتج عنه مشاكل في طبقة الزجاج بسبب الغازات المتحررة عند الحرق فان انواع الزجاج الملائمة للتطبيق على الجسم الفخاري قد لا تكون ملائمة للتطبيق على الجسم الطيني.
١٠. ان طول فترة الانضاج (Soakung) ادت الى زيادة فعالية المواد الصاهرة وخاصة القلويات والتي ساهمت في زيادة تحلل اوكسيد الحديد الثلاثي الى حديد ثنائي وزيادة الاطيف المزرعة والمخضرة.
١١. ان الانصهارية العالية الناتجة عن الحرق باسلوب تثبيت درجات الحرارة بدرجة نضج نهائي ادى الى انخفاض اللزوجة مما اعطى للزجاج وقت كافي لاعادة التبلور وتكوين عتمة.
١٢. ان فقدان جزء من الاكاسيد القلوية عند غسل الرماد ادى الى تكوين كل نماذج الزجاج الرماد المعتمة بدرجة حرارة ١٢٢٥م بسبب انخفاض الانصهارية . اما في درجة ١٢٥٠م فقد كانت نماذج الزجاج اكثر اشراقاً وشفافية وهذا دليل على ان الذائب عن المواد كان زائد عن التفاعل مما يؤدي الى ضبابية لطبقة الزجاج.

٦- التوصيات والمقترحات

٦-١ التوصيات

١. امكانية استخدام رماد الرز كمصدر للسليكا و اضافته الى انواع الرماد ذات السليكا المنخفضة لتعديل مواصفات الزجاج .
٢. للتخلص من مشاكل علاقة الزجاج بالجسم الطيني يوصي الباحث باستبدال هذا الجسم بجسم اخر اكثر توافق.
٣. للتخلص من مشكلة الذوبان في الماء لبعض مكونات الرماد يوصي الباحث بتقريب الرماد.

٦-٢ المقترحات

١. دراسة امكانية استخدام رماد القوغ كمصدر لأكسيد البوتاسيوم في الزجاج.
٢. دراسة امكانية استخدام مضافات (من غير الرماد) الى انواع الرماد المختلفة كاللاطيان والفلدسبار وغيرها للوصول الى انواع من الزجاج جيدة وملائمة في الجانب الفني والجمالي.
٣. دراسة صفات وخصائص انواع رماد لنباتات(غير مستخدمة في البحث) لانتاج هذا النوع من الزجاج.
٤. دراسة اضافة ملونات الى زجاج الرماد وتقييم نتائج اللونية.

٧-المصادر

- ١- العربية
- ٢- الاجنبية

١- المصادر العربية

- Sienko and plane ، الكيمياء ، تر. عصام جرجيس سلومي واخرون ، وزارة التعليم العالي و البحث العلمي ، جامعة الموصل ، ١٩٨٦ .

- الالفي ، ابو صالح ، تراثنا الفني المصري القديم و الاسلامي في فن الخزف ، الخزفيات للفنان الخزاف ، دار النهضة العربية ، القاهرة ، ١٩٥٦ .
- البصيلي ، احمد مصطفى ، محمود ، مصطفى محمد ، المعادن و الصخور ، وزارة التعليم العالي و البحث العلمي ، بغداد ، ١٩٨٠ .
- الدباغ ، تقي ، الفخار القديم . مجلة سومر ، المجلد العشرون ، ج ١ ، ٢ ، مديرية الاثار العامة ، بغداد ، ١٩٦٤ .
- الراشدي ، راضي كاظم ، علاقة التربة بالنبات ، وزارة التعليم العالي و البحث العلمي ، جامعة البصرة ، ١٩٨٧ .
- الريس ، عبد الهادي جواد ، تغذية النبات ، ج ١ ، ٢ ،
- الزمزمي ، معتصم عبد الله و الشيباني ، مفتاح علي ، تكنولوجيا السيراميك (المواد الخام) ، مكتبة طرابلس العلمية العالمية ، ليبيا ، ١٩٨٨ .
- الزوبعي ، عبد الجليل ابراهيم و الغنام ، محمد احمد ، مناهج البحث في التربة ، ج ٢ ، وزارة التعليم العالي و البحث العلمي ، جامعة بغداد ، ١٩٨١ .
- العاني ، عبد الفتاح ، اساسيات علم التربة ، وزارة التعليم العالي و البحث العلمي ، مؤسسة المعاهد الفنية ، دار التقى للطباعة و النشر ، ١٩٨٤ .
- العبيدي ، خالدة عبد القادر ، امكانية تكوين جسم بورسلين من مواد محلية لغرض الانتاجين الفني و الصناعي ، رسالة ماجستير غير منشورة ، جامعة بغداد ، ١٩٩٢ .
- المشايخي ، حافظ كاظم جواد ، استخدام الخامات العراقية لأنتاج خزف عالي الحرارة ، رسالة ماجستير ، غير منشورة ، جامعة بغداد ، ١٩٩١ .
- الهنداوي ، احمد هاشم ، امكانية استخدام خامات محلية لأنتاج زجاج خزف معتم ، اطروحة دكتوراه غير منشورة ، جامعة بغداد ، ١٩٩٧ .
- باقر ، طه ، مقدمة في تاريخ الحضارات القديمة ، ج ١ ، دار الشؤون الثقافية العامة ، بغداد ، ١٩٨٦ .
- بليكتون ، دورا م . ، فن الفخار : صناعة و علما ، تر . عدنان خالد و احمد شوكت ، وزارة الثقافة و الاعلام ، دار الحرية للطباعة ، بغداد ، ١٩٧٤ .
- تسديل ن اس . ال . نيلسون ، دبليول ، خصوبة التربة و الاسمدة ، ج ١ ، تر . نزار يحي و اخرون ، وزارة التعليم العالي و البحث العلمي ، جامعة البصرة ، ١٩٨٧ .
- جميل ، عادل كمال ، كيمياء المعادن و الخامات ، وزارة التعليم العالي و البحث العلمي ، بغداد ، ١٩٨٠ .
- ديكروسن ، جون ، صناعة الخزف ، تر . هاشم الهنداوي ، ط ١ ، وزارة الثقافة و الاعلام ، دار الشؤون الثقافية العامة ، بغداد ، ١٩٨٦ .
- سعد الله ، عدنان احمد ، علي جواد علي ، الصخور الرسوبية ، وزارة التعليم العالي و البحث العلمي ، بغداد ، ١٩٨٢ .
- سليمان ، عامر ، العراق في التاريخ ، دار الحرية للطباعة ، بغداد ، ١٩٨٣ .
- عبد القادر ، فيصل ، فهمية عبد اللطيف و اخرون ، علم فسيولوجيا النبات ، ١٩٨٢ .
- عبدول ، كريم صالح ، فسلفة العناصر الغذائية في النبات ، وزارة التعليم العالي و البحث العلمي ، جامعة صلاح الدين ، ١٩٨٨ .
- علام ، محمد علام ، علم الخزف ، ج ١ ، مؤسسة سجل العرب ، القاهرة ، ١٩٦٧ .
- عواد ، كاظم مشحوت ، كيمياء التربة ، وزارة التعليم العالي و البحث العلمي ، جامعة البصرة ، ١٩٨٦ .
- فندلاي ، الكسندر ، الكيمياء في خدمة الانسان ، تر . زكريا فهمي ، مؤسسة سجل العرب ، القاهرة ، ١٩٦٦ .
- لويد ، سيتون ، اثار بلاد الرافدين ، تر . سامي سعيد الاحمد ، وزارة الثقافة و الاعلام ، دار الرشيد للنشر ، ١٩٨٠ .
- ليفي ، مارتن ، الكيمياء و التكنولوجيا في وادي الرافدين ، تر . محمود فياض و اخرون . دار الرشيد ، بغداد ، ١٩٨٠ .
- هرمز ، مازن يوسف و جميل عادل كمال ، علم الصخور ، وزارة التعليم العالي و البحث العلمي ، الجمهورية العراقية ، ١٩٨١ .

- هودجز ، هنري ، الخزفيات ، تر. محمد يوسف بكر ، معهد الانماء العربي ، ١٩٨١ .
- وسيج ، حسن بطل ، التراب العراقية و صلاحيتها للخزف ، رسالة ماجستير غير منشورة ، جامعة بغداد ، كلية الفنون الجميلة ، ١٩٨٩ .
- يوسف ، شريف ، تاريخ فن العمارة العراقية في مختلف العصور ، وزارة الثقافة و الاعلام ، دار الرشيد للنشر ، ١٩٨٢ .

المقابلات :

- غازي المعموري (٢٠٠١) .
- سعد شاکر (٢٠٠١) .

٢- المصادر الاجنبية

- ASTM , C٣٧٣-٧٢ , Standard Test Method for water Absorption , Bulk density , Apparent porosity , and Apparent Specific Gravity of Fired White wave Products , Section ١٥ , Vol. ١٥٠٢, ١٩٨٥ .
- Behrens , Richard , Glaze Projects , Printed in U.S.A. , ١٩٨٧. -
- BS, ٦٤٣١ : Part ١٣ , Ceramic Floor and Wall Tiles , Method for Determination of Chemical Resistance , Glazed Tiles , ١٩٨٤.
- Bartenev , G. M. The Structure and Mechanical Properties of Inorganic Glass, Trans. . by F.E. Jaray Wolters , Noord hoff Publishing Groningeny Nether lands , ١٩٧٠ .
- Clews , F.H. Heary , The Potter's Complete Book of Clay and Glaze , Gaptill Pub. , New York , ١٩٧٧.
- Cooper , E. and Derck , R., “ Glazes for the Studio Potter's B.T.Bast Ford , Ltd., London , ١٩٧٨ .
- Green , D., “ Pottery Materials and Techniques “ , Faber and Faber , London , ١٩٦٧ .
- Green , D., “ Understanding Pottery Glazes “ ١st Published London , ١٩٦٣ .
- Griffithes , R. and Redford , C. , Calculation in Ceramics Marclean and Sons Ltd. England , London , ١٩٦٥ .
- Hamer , Frank . The Potter's Dictionary of Materials and Techniques , New York , ١٩٧٥ .
- Hamilton , David , Manual of Pottery and Ceramics , Thams and Hudson , London , ١٩٧٤ .
- Harden , D.B. , Glass and Glazes : History of Teachnology , Vol.II , London , ١٩٥٦ .
- Lanch A., A potter's Book , Faber and Faber , Ltd ., London , ١٩٤٤ .
- Mason , Brian , Berry , C.G. , Elements of Mineralogy , W.H., Freeman Co., U.S.A., ١٩٦٨ .
- Maynard , Davide , Ceramic Glazes , Borax Holding , Ltd., London , ١٩٨٠.
- Mousa , Ali , H.S., The Effect of Glaze Composition and Firing Atmosphere on some Ceramic Stains , Unpublished M.Phil Thesis , University of Ledds , U.K. , ١٩٨٢.
- Rayan , W. , Properties of Ceramic Raw Materials , Second edition , Program Press , London , ١٩٧٨.

- Rhodes , Deniel , Clay and Glazes for the Potter , Pitman Pub. Greet Britain , London , 1970.
- Shaw , K., Ceramic Colours and Pottery Decoration , McLaren and Sons , London , 1987.
- Silverman – Ray , Skirted . Bowl with Sprayed bands of symthetic Wood Ash , Ceramic Review , No. 171 , May / June , U.S.A. , 1998 .
- Singer , F. , Singler , S. S., Industrial Ceramics , Chemical Publishing Co. , Inc., New York . 1973 .
- Taylor , J. R., A.C.Bull , Ceramic Glaze Technology , Pergamon Press , Greet Britain , London , 1987.
- Warren , B.E. , Glass Technology , J.Soc. , No. 24 , 1940 .
- Worrall , W. E., Institute of Ceramic Text Book Series , Part I , Raw Materials , Maclaren and Sons, Ltd. , London , 1964 .

Abstract

This study deals with the capability of using ashes of plants to produce a type of glaze via specified effects which is known of Ash Glaze as fifteen types of plants that are available at Middle Euphrates Area to be exact within the administrative borders of Babil Governorate, have been examined to obtain ashes of these. The following procedures have been done:

The plants have been burnt primal, then they have been re burnt within a temperature of $400\text{ }^{\circ}\text{C}$ to be freed from non burnt materials and Carbon.

After this, chemical analysis of ashes has been done to know its component oxides (SiO_x , Al_xO_x , Fe_xO_x , MgO , CaO , K_xO , NaO).

The results of analysis show difference in oxides ratio of mixtures among ash and another and these kinds of ashes have been used to produce glaze by adding any other material without washing.

The following step is to make a number tests of ash emulsions before application which are examining, solubility, absorption of melted materials from pottery object and ashes emulsions density.

These kinds of ashes are applied on pottery object bears high temperature consist of 8% Kaolin of Dowekhla and 2% burnt kaolin (Grog). This object is burnt with temperature of $1000\text{ }^{\circ}\text{C}$ so as to be with suitable porosity to weight the absorption of glaze emulsions.

Then formula units of ash types have been accounted to be aware of the limits of molecular units and their ratio at the three oxides groups (RO , R_xO , R_xO_x , RO_x) according to Seger base upon the method of fast firing and the temperatures are determined with $1000\text{ }^{\circ}\text{C}$ – $1200\text{ }^{\circ}\text{C}$ and through the conclusions, it appears that melting started with various temperatures, the lowest is $1000\text{ }^{\circ}\text{C}$, melting increases by the rising of the temperature to be $1200\text{ }^{\circ}\text{C}$, the highest possible level as all samples melt and glaze forms, next research sample has been selected which is one of the samples that burnt with temperatures $1200\text{ }^{\circ}\text{C}$ – $1250\text{ }^{\circ}\text{C}$.

A number of examinations, estimations and accounting are done on the resulted glaze which are microscopic, solidity, chemical liquid resistance tests, account of glaze density, surface tension, darkness, transparence and

degree of softness, and chromatic degree as colour is analyzed via computer.

In order to compare between glaze results, according to study program within other procedures that are commonly used among potters, the following procedures have been done:

Washing ash, direct application on clay (Row Glazing) and firing by fixing temperature (Soaking Time). It has been shown, through examinations which are done that the reason of results differences are due to the variety of oxides rates that compose ash types.