



لعاب تزئینی لوستر

حسن احمدی مقدم*

استادیار، گروه پژوهشی رنگدانه‌های معدنی و لعاب، مؤسسه پژوهشی علوم و فناوری رنگ، تهران، ایران، صندوق پستی: ۶۵۴-۱۶۷۶۵

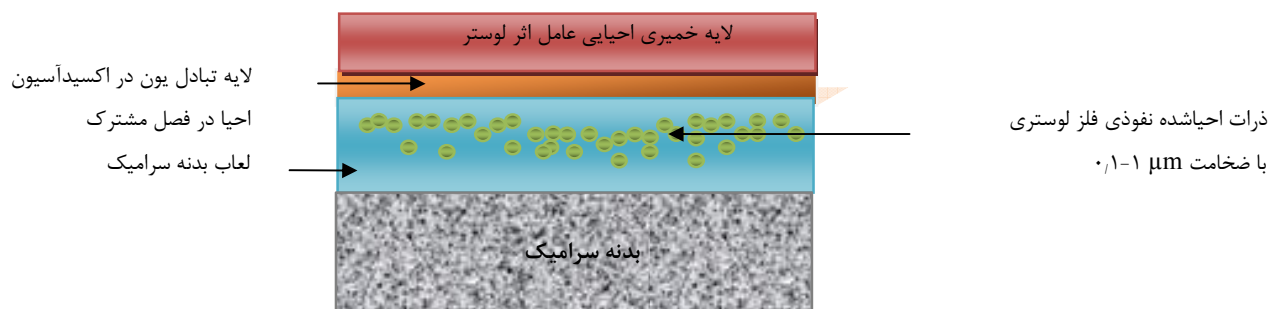
تاریخ دریافت: ۹۱/۹/۱۳ تاریخ بازبینی: ۹۱/۱۰/۱۱ تاریخ پذیرش: ۹۱/۱۰/۱۷

چکیده

این مقاله به منظور آشنایی با لعاب لوستر از نظر تاریخی و علمی، در صنایع سرامیکی و سفالی تدوین شده است. لعاب لوستر از نظر تزئینی منحصر به فرد است، زیرا جلوه‌ای از سطح فلزی به حالت براق یا غیر براق در رنگ‌های مختلف منعکس می‌نماید. از دیدگاه تاریخی لعاب لوستری به عنوان یک پوشش برای سطح ظروف به ویژه سنتی، ابتدا در بیش از چهار قرن پیش از میلاد مسیح یا بیشتر در نواحی مدیترانه و ایران ساخته شد و سپس در قرون چهاردهم به بعد در اروپا مورد استقبال قرار گرفت و گسترش یافت. در لعاب سنتی، انعکاس نور همراه با تفرق، حاصل وجود لایه نازک شفاف بر روی سطح لعاب می‌باشد. تالو رنگین‌کمانی و زیبایی تغییر رنگ‌ها در زوایای مختلف، چشم هر بیننده را به خود معطوف می‌دارد. طیف‌های انعکاسی بستگی به خصوصیات لایه فلزات احیا شده و عوامل دیگر در زیر سطح لعاب دارد، و می‌توانند سبز، زرد و طلایی یا قرمز، کهربایی و قهوه‌ای باشند. فلزات پایه به کار رفته در ساخت لعاب لوستری، فلزات نجیب، معمولاً نقره و مس هستند. لعاب لوستری متشکل از دو بخش لعاب پایه و لایه (یا رنگ) لوسترساز است. لایه لوسترساز با نفوذ و احیاشدن در لعاب پایه، تشکیل یک لایه نازک فلزی و ذرات نانویی اکسیدهای احیا شده فلزی، می‌دهند که عامل نوع فام رنگ و براقیت لعاب خواهد بود.

واژه‌های کلیدی

لعاب لوستر، انعکاس سطح فلز، لایه لوسترساز، نفوذ، احیا، لایه نازک، پوشش سنتی



۱- مقدمه

لعاب لوستری^۱ یا زرین‌فام از انواع لعاب‌های خاص با خصوصیات انعکاس فلزی می‌باشند، اغلب دارای انعکاس، طلائی، نقره‌ای و یا غیره، هستند. لعاب لوستری عضو گروه لعاب‌های احیایی می‌باشند، که با احیا سطح لایه معروف به رنگ یا لایه لوسترساز هستند و نفوذ آن به داخل لعاب اصلی یا پایه باعث انعکاس ویژه فلزی و رنگین‌کمانی می‌شود. در این‌گونه از لعاب‌ها، نور با تالووی رنگی از زیر سطح شفاف لعاب منتشر می‌شود، که برآمده از بازتاب سطحی فلز احیا شده می‌باشد. لعاب لوستری جلو و زیبایی منحصری به‌فردی به سطح لعاب می‌بخشد و در صنایع و زمینه‌های هنری، طرفداران زیادی را به خود جذب کرده است. به‌طور کلی لعاب‌های لوستری دو نوع می‌باشند ۱- تهیه شده تحت شرایط احیایی و ۲- تهیه شده تحت شرایط لوستری احیایی غیراحیایی. لعاب‌های لوستری احیایی همچین به نام‌های لوستر خمیر رُس، لوستر دودی یا لوستر عربی معروفند و ایجاد شرایط احیایی از طریق دود سوخت‌های طبیعی مانند: چوب یا ذغال به‌دست می‌آیند [۱، ۲]. در واقع انعکاس فلز گونه سطح لعاب، حاصل وجود لایه‌های مسطح بسیار نازک فلز می‌باشد. لایه‌های فلزی بسیار در اثر احیاء نمک‌های فلزی موجود در لعاب، در طول پخت و تبدلات یونی، تشکیل می‌یابند. رنگ لعاب و ویژگی‌های نوری آن بستگی به نوع و اندازه ذرات نانویی (۵۰-۵ nm) فلز، میزان نسبی فلزات احیا شده و غیره، دارد. نمونه‌هایی از رنگ‌های لعاب لوستری در شکل ۱ مشاهده می‌شود.

^۱ Luster

۲- تاریخچه

طبق شواهد تاریخی، لعاب لوستری با انعکاس زیبای رنگ زرد طلا به‌صورت یک‌دست، ابتدا در قرن چهارم قبل از میلاد در مصر بر روی شیشه ساخته‌شد و بعدها بر روی زمینه‌های سرامیکی گسترش یافتند. به استناد شواهد تاریخی و اکتشافی، ساخت این‌گونه لعاب‌ها را به قرون نهم و دهم میلادی در نواحی خاور میانه (عراق، ایران، سوریه)، و مدیترانه نسبت می‌دهند. بعدها در قرون یازدهم و دوازدهم مصری‌ها و سپس در قرن سیزدهم سوری‌ها و ایرانی‌ها مبادرت به ساخت لعاب‌های لوستری نمودند. در قرن چهاردهم به اسپانیا، اروپا، روسیه و شرق گسترش یافت و تا نیمه قرن بیستم ساخت لعاب لوستری به‌طور سنتی اغلب بر روی ظروف و بعضی سطوح سرامیکی ادامه یافت [۳، ۴]. به‌منظور نیل به حالت احیائی فلز، اکسید یا نمک فلزات، مانند: طلا، نقره، مس و غیره، با نمک‌هایی که به‌عنوان واسطه عمل می‌نمودند، مانند سینابار^۲ (HgS) یا تنوریت^۳ (CuO)، با هم مخلوط و حرارت داده می‌شدند. واکنش‌های حاصل منجر به احیا یون‌های فلز به اتم می‌گردیدند. متعاقباً یک غشا فلزی یک‌دست به‌صورت لایه نازک در داخل زمینه شیشه‌ای ظاهر می‌شود. قابل توجه آنکه در قدیم، انعکاس حاصل از لعاب‌های لوستری، که شامل ذرات نانویی نقره و مس بودند، جلوه رنگ طلائی را از خود منعکس می‌نمودند و تداعی تبدیل مخلوط این فلزات به فلز طلا را در اذهان ایجاد می‌کردند [۵-۷]. بعدها در قرون دوازدهم و سیزدهم سوری‌ها و ایرانی‌ها در درک سازوکار عمل لوستری‌شدن، عوامل مؤثر و کنترل رنگ آن به موفقیت‌هایی دست یافتند [۸]. نقش مواد اولیه، فرمولاسیون‌های متفاوت، روش‌های حرارت‌دهی، و اتمسفرهای مختلف بررسی و اثرات آنها بر روی رنگ و انعکاس فلزی مطالعه گردیدند [۹]. فرمولاسیون‌های به‌دست آمده از مناطق ونیزی پاترن^۴ در جدول ۱ گزارش شده است:

^۲ Cinnabar

^۳ Tenorite

^۴ Patron



Composition	Sample	Glaze	Color	Shine	L*	a*	b*
Copper	j65	AL		Coppery	35.2	11.6	6.4
	j6	A		No	39.2	20.9	6.3
Silver	j126	A		No	59.7	2.7	35.7
	r254	AL		Golden	47.9	1.1	25.3
Copper & Silver	k17 yellow	A		No	53.5	-1.1	12.8
	k17 brown			Blue	32.5	-0.7	15.8
	k14	A		Purple	51.5	3.3	25.2

شکل ۱- نمونه‌های رنگ‌های لوستری در رنگ‌های مختلف مقادیر نقره و مس و تأثیر آن‌ها بر فام [۳].

روی لعاب بدنه اعمال و حرارت داده می‌شود. در این نوع، لایه فلز احیا شده، در سطح لعاب زمینه چسبیده و اتصال برقرار می‌نماید و جلوه زیبایی از خود نشان می‌دهد [۳، ۴].

۳- بخش نظری

اساس جلوه لعاب‌های لوستری ایجاد انعکاسات نوری "فلزمانند" می‌باشد. لایه لعاب لوستری به دلیل اینکه حاوی فازهای بلوری فلزی که بر اثر احیا نمک‌ها یا اکسیدهای فلزی به وجود آمده است، از خود نور را منعکس نموده و جلوه زیبایی فلز براق یا غیر براق را در رنگ‌های مختلف به وجود می‌آورد. رنگ‌های لعاب لوستر که بستگی به نوع فلز یا مخلوط فلزات احیا شده و نیز عوامل مختلف دیگر دارند، اغلب سبز، قرمز، نارنجی، قهوه‌ای روشن و تیره می‌باشند. انعکاس در لعاب‌های لوستری به صورت لایه‌ی نازک یک‌دستی می‌باشد که از پیوستن ذرات بسیار ریز براق تشکیل یافته است. اندازه ذرات همان‌گونه که قبلاً ذکر گردید، معمولاً در محدوده ۵ الی ۵۰ نانو قرار دارد. ضخامت لایه نفوذی احیایی در لعاب زمینه و زیر سطح آن، بستگی به برنامه عملیات حرارتی، فرمولاسیون، نوع و ساختار اکسیدها و املاح تشکیل دهنده لایه احیایی و لعاب زمینه دارد. شکل ۲ توصیف‌کننده سازوکار ایجاد لایه لعاب لوستری می‌باشد [۱۲-۱۰].

در روش ساخت در این مناطق نخست مخلوطی از مواد اولیه ذکر شده در جدول ۱ در بستر مایع تهیه و بر روی شیشه اعمال و تا دمای حدود 600°C در محیط احیایی حرارت داده می‌شود و باعث ایجاد اتم‌های نقره و مس احیا شده، می‌گردد. در نواحی تماس سطح شیشه و مخلوط فوق، نفوذ اتم‌ها انجام می‌پذیرد و لایه‌های مس و نقره احیا و جدا شده در زیر سطح شیشه تشکیل می‌شوند، که علت آن را محققین تبادل یونی بین فلزات لوسترساز مانند: مس، نقره و غیره با فلزات قلیایی موجود در لایه لعاب زمینه یا بدنه در شرایط اکسیدی، می‌دهند. در پایان مواد مخلوط باقیمانده در سطح شیشه یا لعاب پاک می‌شوند. وجود اکسیدهای فلزات سنگین مانند: PbO و Bi_2O_3 در فرمولاسیون که دارای نقطه ذوب پایین می‌باشند، باعث کاهش گرانبوی و تنش سطحی مخلوط در حالت ذوب و بالا رفتن قدرت خیس‌کنندگی سطوح در تماس می‌گردد. بدین جهت در گذشته استفاده از این نوع اکسیدها در لعاب‌ها مرسوم بوده است. سوری‌ها به دلایل مختلف برای اولین بار اقدام به ساخت لعاب لوستری بدون سرب نمودند. در جدول ۲ به نمونه‌ای از فرمولاسیون این لعاب‌ها اشاره شده است. در سیزده سال گذشته به‌ویژه در زمینه‌های لعاب‌دهی ظروف، رنگ‌ها و جلوه‌های زیبایی با بهره‌گیری از لعاب لوستر حاصل گردیدند. لعاب لوستری ایرانی‌ها که نشأت گرفته از لوستر مصری‌ها بود دارای املاح سرب و قلع بودند، که فام طلایی با براقیت زیاد داشتند، ولی دمای ساخت آن‌ها نسبتاً بالا می‌باشد. نوع دیگری از لعاب‌های لوستری وجود دارد که در محیط اکسیدی، در بستر رزین بر

جدول ۱- نمونه ونیزی (پاترن) آنالیز شده لایه لوستری.

ردیف	مواد اولیه	مواد شیمیایی پایه	فرمول آنالیز شده درصد وزنی	فرمول به دست آمده درصد وزنی
۱	گل رُس کارگاهی	$\text{SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3 + \text{SiO}_2 + 7.5 \text{ iron oxide}$	۴۰	۵۰
۲	سیناپار	HgS	۳۰	۳۰
۳	تنرایت	CuO	۱۳	-
۴	سولفور نقره	Ag ₂ S	۲	-

جدول ۲- فرمولاسیون لعاب پایه برای لایه لوسترسازهای مختلف.

No.	Chemicals	[10] wt%	[14] wt%	[24] wt%	[25] wt%
۱	SiO ₂	۵۲-۷۰٫۵	۴۳-۶۴	balance	۶۸٫۳۲
۲	B ₂ O ₃	۰	۰-۲۳	۰	۰
۳	Na ₂ O	۷٫۵-۱۰٫۵	۰٫۲-۱٫۲	۱-۷	۷٫۹۵
۴	K ₂ O	۱٫۵-۴	۰٫۴-۷	۵-۶	۸٫۳۵
۵	CaO	۳٫۵-۵٫۵	۰-۱	۱-۵	۷٫۲۰
۶	MgO	۲-۳٫۵	۰-۰٫۹	۰٫۱-۰٫۳	۰٫۰۳
۷	BaO	۰	۰	۰	۱٫۹۴
۸	Al ₂ O ₃	۱٫۵-۴٫۵	۳٫۶-۷٫۲	۲-۴	۰٫۱۷
۹	ZnO	۰	۰-۶	۰	۳٫۹۴
۱۰	Fe ₂ O ₃	۰٫۵۵-۲	۰	۱-۲	۰٫۰۲
۱۱	Sb ₂ O ₃	۰	۰-۰٫۵	۰	۰٫۸۶
۱۲	PbO	۲-۲۱٫۵	۰-۶۱	۲۰-۳۰	۰
۱۳	SnO ₂	۱٫۵-۷	۰	۱-۲	۰
۱۴	TiO ₂	۰-۰٫۳	۰-۴	۰٫۱	۰

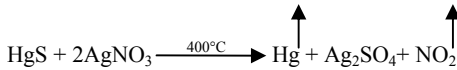
۳-۱- اکسیداسیون و احیا

برای ایجاد خواص لوستری، لازم است که اتم‌های فلزات مربوطه در فرمولاسیون مخلوط مواد اولیه وجود داشته باشند. این فلزات به صورت املاح و نمک‌های قابل احیا به فلز خالص، برای مثال: طلا، نقره، مس هستند که اغلب از دسته عناصر نوبل می‌باشند، ابتدا به حالت اکسید در آمده و سپس با عوامل احیاکننده واکنش داده تا بتوانند غشائی از ذرات فلز را در زیر سطح لعاب بدنه تشکیل دهند. این لایه تشکیل یافته باعث انعکاس نورهای تابیده خواهد شد و جلوه‌ای از فلز به صورت براق یا کدر را ارائه می‌دهد که از نظر زیبایی جذاب می‌باشد. بنابراین بهره‌گیری از نمک‌های اکسیدکننده قوی در فرمولاسیون لایه لعاب می‌تواند مؤثر عمل نماید، ولی وجود عوامل احیاکننده در محیط اطراف چه به صورت نمک‌های مخلوط شده در فرمولاسیون غشای لوستری و چه در فضا اطراف، باعث احیا فلز در لایه یا غشا لوستری و موجب نفوذ آن به داخل لعاب خواهد شد. موضوع پر اهمیت آن است که عملیات احیا باید پس از عمل اکسیداسیون انجام گیرد تا احیا نمک‌های فلز مورد بحث (لوستری) در مراحل اولیه، منجر به جدایش زود هنگام فلز احیا شده نگردد و عملیات نفوذ در موقع مناسب صورت پذیرد [۱۳]. پرادل و همکارانش^۱ [۱۴]، مشاهده نمودند که استفاده از گوگرد خالص، به عنوان عامل احیاکننده قوی، باعث ظهور زود هنگام فلز احیا شده می‌شود و نفوذ سطحی و چسبندگی به‌خوبی انجام نمی‌گیرد و کیفیت مطلوب به‌دست نخواهد آمد. از این‌رو بهره‌گیری از نمک‌های قابل تجزیه برای مثال: سولفور جیوه (HgS) در دمای بالاتر از دمای انتقال شیشه‌ای (T_g) و همچنین پس از تجزیه کامل نمک‌های اکسیدی فلزات، مورد نیاز می‌باشد.

واکنش اشاره شده به‌صورت زیر رخ می‌دهد:



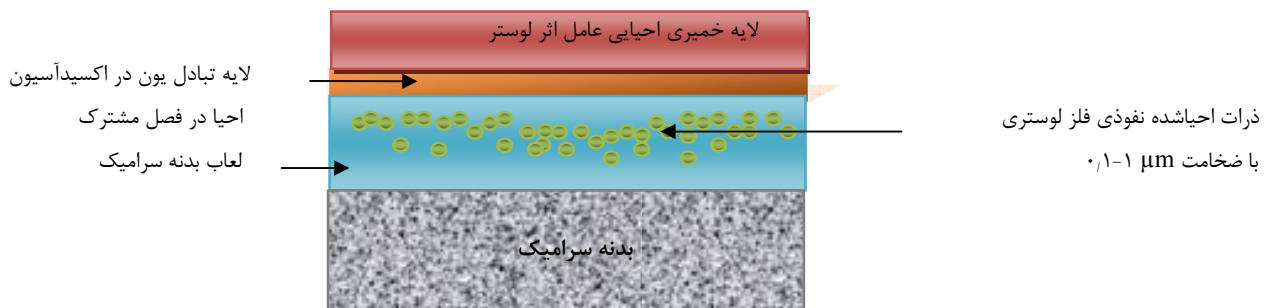
مشابه این واکنش می‌تواند با اکسید یا نمک‌های نقره مانند نیترات و غیره نیز صورت پذیرد:



در خصوص مس ممکن است که لعاب لوستری شامل: اتم‌های مس یا اکسیدهای احیاشده آن یعنی کوپرایت^۲ (Cu₂O) باشد، که نتیجه احیا تنوریت (CuO) در محیط احیایی می‌باشد. فام‌های انعکاسی حاصله از آن، نه تنها براساس اندازه ذرات مس یا اکسیدهای آن، بلکه براساس میزان ذرات و نوع آن‌ها تغییر می‌کنند [۱۵، ۶]. لعاب لوستری می‌تواند متشکل از مخلوطی از اکسیدهای فوق‌الذکر باشد، که در آن صورت، رنگ لعاب از زرد، سبز و قهوه‌ای برای تمام نقره به نارنجی، قرمز و لاک‌ی برای تمام مس، تغییر می‌یابد [۱۶، ۱۰]. شکل ۳ را ملاحظه نمایید. بنابراین عواملی مانند میزان و نسبت یون‌های مس به نقره (Cu/Ag) در فرمولاسیون رنگ نهایی لوستر، در کنار عوامل دیگر چون نوع نمک‌های فلزی، رژیم حرارتی، اتمسفر کوره، شرایط اکسیداسیون و احیا، اندازه، شکل ذرات فلز نفوذی و غیره، مؤثر خواهند بود [۱۰]. علاوه بر عوامل فوق، فرمولاسیون لایه لوسترساز، بر روی رنگ نهایی لعاب زمینه نیز می‌تواند اثرگذار باشد.

² Cuprite

¹ Pradell and et.al



شکل ۲- سازوکار تشکیل لایه اثر لوستری (انعکاس فلزی) در داخل لایه لعاب.

مانند نقره، مس و غیره، در زیر و نزدیک سطح لعاب می‌باشد. ذرات مزبور به حالت صفحه‌ای^۲ به هم می‌چسبند و ایجاد یک لایه نازک فلز به ضخامت $1-0.1 \mu\text{m}$ می‌نمایند [۲۱]. شکل ۲ ملاحظه کنید. در خصوص نقره ذرات ریزتر می‌باشند تا ۵ نانو هم می‌رسند. یکی از دلایل تفرق یا رنگین‌کمان شدن طیف‌های نور انعکاسی که در لعاب‌های لوستری مشاهده می‌شوند، براین اساس قرار دارد [۱۵]. مصرف نمک‌های فلزات قلیایی و قلیایی خاکی از قبیل سدیم، پتاسیم و غیره، به‌منظور معرفی کاتیون قوی در فرمولاسیون لعاب بدنه یا لایه زیرین غشا لوسترساز، می‌باشد. کاتیون‌های سدیم Na^+ و پتاسیم K^+ با احیا کردن فلزاتی چون طلا، نقره، مس و آهن، و انجام تعویض یونی موجب حرکت و ورود (مهاجرت) یون‌های نقره، مس یا غیره، به داخل لعاب بدنه می‌شوند. برای انجام این تعویض یونی در لعاب، شرایط محیط عملیات لازم است که ابتدا برای فلز نقره احیایی و برای مس اکسیدی باشد و سپس برای هر دو مورد شرایط احیایی الزامی خواهد بود. وجود عناصر دیگر به‌ویژه حجیم مانند: سرب (Pb)، بیسموت (Bi) و غیره که عامل نانظمی شبکه‌ای در لعاب زیرین (بدنه) و همچنین کاهش گرانش می‌شوند، در افزایش میزان نفوذ مؤثرند. از فواید دیگر عناصر سنگین در فرمولاسیون لعاب بدنه کاهش دمای انتقال شیشه‌ای (T_g) و فراهم نمودن نفوذ در درجات پایین عملیات حرارتی می‌باشد. ولی از دیدگاه دیگر، کاهش گرانشی مشکلات کنترل دما یا محدود نمودن دامنه کاری را در بازه حرارتی نفوذ، همراه دارند. حضور املاح عناصر سنگین در فرمولاسیون باعث تقلیل انرژی سطحی لعاب زمینه و کاهش سطح خیس‌شوندگی^۳ می‌شود و ممکن است سطح فصل مشترک بین لایه لوستری و لعاب زمینه کاهش یابد و در رابط با نفوذ اثر عکس داشته‌باشد. یعنی اگر چه به‌لحاظ وجود عناصر حجیم و سنگین چون سرب (Pb)، شبکه ساختار لعاب زمینه، بازر می‌شود، ولی سطح تماس برای نفوذ کمتر می‌گردد. مشاهدات نشان می‌دهند که وجود سرب در لعاب زیرین یا بدنه باعث براقیت و نمای فلزی بیشتر لعاب لوستری می‌شود. در غیر این‌صورت حالت مسی یا طلایی متمایل به سبز همراه با براقیت فلزی به‌ترتیب برای لوستری پایه مسی و نقره‌ای مشاهده نمی‌گردد [۱۵]. به‌کارگیری این‌گونه مواد در فرمولاسیون لعاب‌های لوستری معمول می‌باشد. با توجه به آنکه اغلب عناصر سنگینی چون سرب مضرات فراوانی در بر خواهند داشت و برای محیط زیست خطر آفرین می‌باشند، تلاش بر آن است که از این نوع عناصر استفاده نگردد و یا حتی‌الامکان به حداقل ممکن در فرمولاسیون وجود داشته باشند. دست‌یابی به فرمولاسیون بدون سرب، اولین بار توسط سوری‌ها در قرن سیزدهم انجام گرفت. در جدول ۳ دو نمونه از فرمولاسیون لایه لوستری ارائه شده است.

پرادل و همکارانش، اثرات اصلاحی نمک‌های: قلع (Sn^{2+})، آهن دو ظرفیتی (Fe^{2+}) و مس یک و دو ظرفیتی (Cu^+ و Cu^{2+}) را بر روی شرایط اکسیداسیون و احیا و ایجاد بهتر نانو ذرات فلزات گزارش داده‌اند. آهن دو ظرفیتی می‌تواند عامل ایجاد سبز کمرنگ در لعاب‌های لوستری پایه نقره‌ای باشد. در لوستر پایه مسی نمک‌های Fe^{2+} در احیا Cu^{2+} به Cu^+ ، کمک‌کننده خواهند بود و نیز رنگ قرمز یاقوتی را ایجاد می‌نمایند. نمک‌های Cu^+ ، Sn^{2+} و Cu^{2+} در خصوص رشد بلوری ذرات نقره، مؤثرند [۱۷]. احیاکننده‌های قوی مانند کربن و ترکیبات آلی در کنار گوگرد و مشتقات آن وجود دارند که می‌توان از آن‌ها در فرمولاسیون لایه ایجادکننده لعاب لوستری استفاده نمود. در این موارد نیاز به بررسی‌های بیشتر خواهد بود. به‌طور کلی وجود و میزان بالاتر نمک‌های احیایی در فرمولاسیون لعاب لوسترساز موجب افزایش ضخامت لایه لوستری و به‌دنبال آن، باعث تغییر رنگ و براقیت لایه خواهد شد [۹، ۱۷، ۱۸]. افزون بر این، محققین مذکور گزارش کرده‌اند که املاح بور (B) بر کوچک‌تر شدن ذرات نانویی فلز احیاشده و همچنین وجود نمک‌های قلیایی بور (B) بر کروی شکل بودن و یکنواختی ذرات کمک می‌نمایند ولی در عوض املاح سرب (Pb) دار بر روی اندازه ذرات و یکنواختی آن‌ها تأثیر عکس می‌گذارند. به‌طوری‌که پراکندگی اندازه ذرات در محدوده ۵۰-۴۰ خواهد بود. لازم به ذکر است که این نتایج متفاوت در شرایط یکسان عملیات حرارتی و اتمسفر کوره مشاهده گردیده است [۱۹]. کنترل اتمسفر کوره در حالت اکسیدی، در شروع عملیات برای تعویض یون‌های نقره، مس، و غیره با عناصر قلیایی، قلیایی خاکی، برخی فلزات و غیره، موجود در لایه لعاب زیرین انجام می‌گیرد. سپس با استفاده از اتمسفر احیایی، به‌منظور احیا فلز از نمک و نفوذ و ساخت لایه لوستری، عملیات لوسترسازی انجام می‌گیرد. بعضی از محققین از امکان مخلوط گازهای احیاکننده مختلف مانند هیدروژن، گازهای طبیعی و غیره، بهره گرفته‌اند [۱۴، ۱۵]. اسمیت و همکارانش^۱ [۱۵]. نشان دادند که در شرایط اکسیدی هم عمل نفوذ انجام می‌گیرد، ولی ممکن است که لایه لوستری به‌صورت فلز خالص نباشد، بلکه متشکل از اکسیدها یا نمک‌های آن‌ها باشد. وی به این مشاهدات تحت عنوان لایه لوستری غیر فلزی اشاره می‌نماید و طیف سرخ یاقوتی را از این دسته از لعاب‌ها می‌داند [۱۵]. به‌طور کلی میزان و خصوصیات اتمسفر کوره، تحت تأثیر فرمولاسیون لایه لوسترساز که چه نوع و مقدار احیاکننده در آن وجود دارد، قرار خواهد گرفت [۲۰].

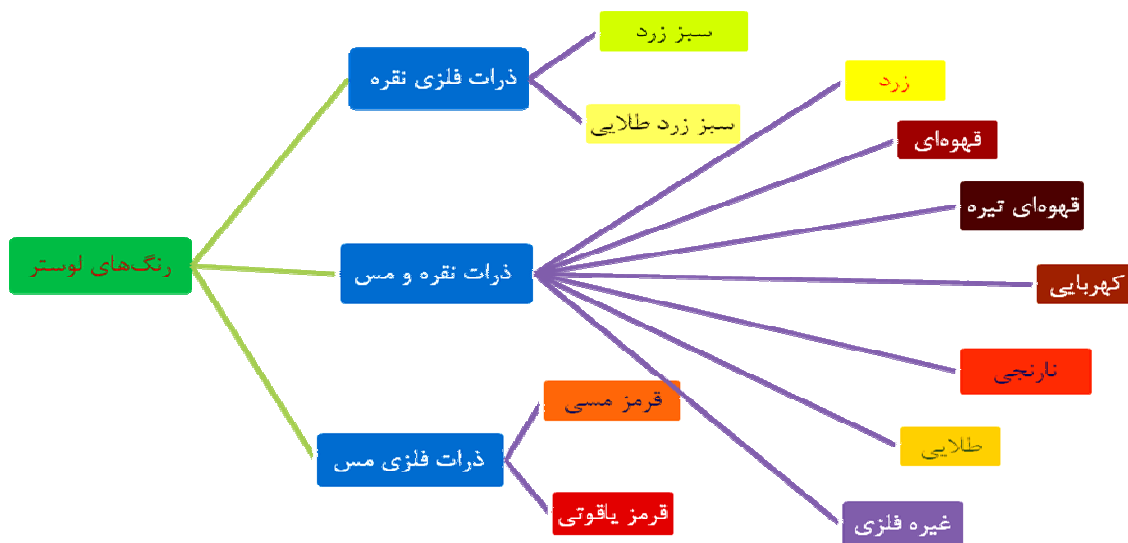
۳-۲- نفوذ لایه لوسترساز

در سازوکار نفوذ لایه لوسترساز عوامل متفاوتی، در تأمین فلز احیاشده با اندازه ذرات زیر ۹۰ nm، مشارکت دارند. در واقع در ساخت لعاب‌های لوستری سازوکار عمل براساس نفوذ و احیاء ذرات نانویی (۲۰-۵) فلزاتی

^۱ Smith and et al

^۲ Aggregate

^۳ Wetted area



شکل ۳-۱ - چارت فام‌هایی که از تأثیر احیاء فلزات نقره و مس، و یا مخلوط دو فلز آن‌ها حاصل می‌شوند.

جدول ۳-۳ - مخلوط نمونه لایه لوسترساز برای مس و مخلوط مس و نقره [۱۱].

ردیف	مواد شیمیائی	درصد وزنی	درصد وزنی
۱	کربنات مس	۱۶,۲	۸,۶
۲	سولفات مس	۲۶,۸	۱۴,۳
۳	کلرور نقره	۰	۱۶,۲
۴	کائولین	۶۰,۶	۵۴,۰
۵	گل اخرا قرمز	۴,۶	۴,۹
۶	سمغ عربی	۱,۸	۲

تغییر می‌یابد، از شکل‌های (۱، ۲) [۱۴] مشاهده می‌شود که در خصوص نفوذ فلز مس، رنگ لوستری به قرمزی یا قرمزتر و گاهی به قهوه‌ای تیره هم گرایش پیدا می‌نماید. موضوع دیگر آن که میزان نفوذ بسته به نوع فلز دارد، برای مثال نقره نسبت به مس تمایل بیشتری به نفوذ به‌داخل لعاب بدنه از خود نشان می‌دهد [۱۵، ۱۴].

به‌طوری‌که در نواحی ضخیم و دور از لبه‌ها نفوذ نقره بیشتر می‌شود. از این‌رو در لعاب لوستری، در سطوح محدود و نازک، رنگ لوستر به طرف قرمز و قرمز تیره، که از فام‌های مشخصه لعاب لوستری بر پایه مس غنی می‌باشد، تمایل پیدا خواهد کرد.

از طرف دیگر، در قطعات وسیع و ضخیم لعاب لوستری بر پایه نقره و مس، رنگ حاصله، گرایش به زرد، نارنجی و سبز خواهد داشت. از عوامل

همانطور که ملاحظه می‌شود در لعاب بدنه یا زیرین از نمک‌های نیتراتی یا سولفاتی برای ایجاد شرایط اکسیدی و جابجایی یون‌های قلیایی و نقره مس بهره گرفته شده است. در عمل نمک‌های سولفوردار نقره و مس در حالت مذاب به‌عنوان حامل‌ها یا واسطه‌های جابجایی یونی در تماس با شیشه عمل می‌نمایند [۱۲، ۲۱].

با توجه به اثرات و میزان شرایط مختلف اکسیدی و احیایی مشاهده شده، این نکته را باید مد نظر داشت که لایه رنگ لوسترساز خود باعث کاهش اثر شرایط احیایی لازم برای عمل نفوذ، که در فصل مشترک لایه رنگ و لعاب زمینه رخ می‌دهد، خواهد شد. بنابراین در مقاطع نازک و یا لبه‌های لایه رنگ لوستری نفوذ بیشتری انتظار می‌رود. به‌علاوه با توجه به آنکه قبلاً اشاره شده بود، رنگ لایه لوستری با افزایش مقدار یا میزان نفوذ

مختلف می‌درخشد. نوع براق آن، تالگو خاصی از تفرق نور را در رنگ‌های گوناگون به‌ظهور می‌رساند. با توجه به اصالت تاریخی و بومی بودن لعاب لوستری در ایران و زیبایی منحصر به‌فرد آن، می‌توان زمینه‌های کاربردی و پژوهشی مختلفی را برای ارائه یک لعاب تزئینی نوین در عرصه صنایع ظروف، کاشی و غیره، فراهم نمود. نوع عناصر فلزی، اندازه و میزان ذرات فلزات احیاءشده، عوامل مؤثر در ایجاد رنگ نهایی و خواص انعکاسی لعاب لوستری، می‌باشند.

در خصوص کنترل رنگ لعاب لوستری بر پایه فلزات نقره و مس، عواملی چون نسبت مقادیر و میزان احیاء‌شوندگی فلزات در فرآیند ساخت، نقش مهمی را ایفا می‌کنند. تمایل فلز نقره به احیا کامل و نفوذ آن به داخل لعاب زمینه، در مقایسه با فلز مس، بیشتر می‌باشد. در صورت گسترش کاربرد لعاب لوستری از زمینه‌های مرسوم سرامیکی مانند: تزئین ظروف سفالی، به کاشی‌های ساختمانی، باب نوینی در معماری تزئینی در بناهای ساختمانی گشوده خواهد شد.

تأثیرگذار بر نفوذ و رنگ لعاب، دمای عملیات یا رژیم حرارتی می‌باشد که نفوذ برای یون‌های نقره در درجات بالاتر از 500°C ، بیشتر خواهد شد. برای تحلیل، شناسایی و مطالعه لعاب تزئینی لوستر می‌توان به منابع بیشتر رجوع نمود [۸، ۹، ۱۲، ۱۳، ۱۵، ۱۸، ۲۱-۲۵].

۴- نتیجه‌گیری

نمونه‌های باستانی از ظروف سفالین حکایت از ساخت لعاب لوستری در چند قرن قبل از میلاد مسیح می‌کند. شواهد موجود تاریخی بیانگر مصرف گسترده لعاب تزئینی لوستری در قرون هفتم و هشتم میلادی در مشرق زمین می‌باشد. لعاب لوستری به‌عنوان تزئین سطوح ظروف و غیره، از دو سه قرن اخیر مورد توجه غرب قرار گرفته‌است. لعاب‌های لوستری یا زرین‌فام جلوه ویژه‌ای از انعکاس نور را ایجاد می‌کنند که در نظر بیننده، مانند سطح فلزیست که در فام‌های انعکاسی

۵- مراجع

- B. Coory, Some notes on reduced lustre, current issue 49/2, australincermics.com, The J. Australian Ceramics, **2012**, Luster 1290.
- M. M. Abbasian, Glaze making and the glaze colours industry, 1st ed. Gotanberg, **1991** (in Persian).
- T. Pradell, R. S. Pavlov, P. C. Gutiérrez, A. Climent-Font, and Judit Molera Composition, nanostructure and optical properties of silver and silver-copper lusters., J. Appl. Phys. **112**, 054307 (**2012**).
- J. Perez-Arantegui, J. Molera, A. Larrea, T. Pradell, M. Vendrell- Saz, I. Borgia, B. G. Brunetti, F. Cariati, P. Fermo, M. Mellini, A. Sgamellotti, C. Viti, "Luster pottery from the thirteenth century to the sixteenth century: a nanostructured metallic thin metallic film", J. Am. Ceram. Soc. V.84, No. 2, Feb **2001**.
- R. B. Mason, Shine Like The Sun. Luster-painted and Associated Pottery From The Medieval Middle East, In Bibliotheca Iranica: Islamic Art and Architecture Series, vol. 12, Mazda Publishers, Inc., Costa Mesa, Canada, **2004**.
- T. Pradell, J. Molera, J. Roque, M. Vendrell-Saz, A. D. Smith, E. Pantos, D. Crespo, Ionic-exchange mechanism in the formation of the medieval of lustre decorations, J. Am. Ceram. Soc. **88** (5), 1281-1289, **2005**.
- J. Molera, C. Bay'és, P. Roura, D. Crespo, T. Pradell, Key parameters in the production of medieval lustre colours and shine J. Am. Soc. **90** (7), 2247-2257, **2007**.
- S. Padovani, C. Sada, P. Mazzoldi, B. Brunetti, I. Brogia, A. Sgamellotti, A. Giullvi, F. D'Acapito, G. Battaglin, Copper in glazes of renaissance luster pottery: nanoparticles, ions, and local environment. J. Appl. Phys. **93**, 10058-11063, **2003**.
- V. Reillon, S. Berthier, Modelization of the optical and colorimetric properties of lusted ceramics, Appl. Phys. A. **83**, 257-265, **2006**.
- I. Borgia, B. Brunetti, A. Giulivi, A. Sgamellotti, F. Shokouhi, P. Oliayi, J. Rahighi, M. Lamehi-Rachti, M. Mellini, C. Viti, Characterisation of decorations on Iranian (10th-13th century) lustreware, Appl. Phys. A **79** no. 2, p. 257- 262, **2004**.
- S. Oadovani, I. Borgia, B. Brunetti, A. Sgamellotti, A. Giullvi, F. D'Acapito, P. Mazzoldi, C. Sada, G. Battaglin, Silver and copper nanoclusters in the Luster decoration of Italian Renaissance pottery, an EXAFS study, J. Appl. Phys. A. **79**(2), 229-233, **2004**.
- A. D. Smith, T. Pradell, J. Molera, M. Vendrell, M. A. Marcus, E. Pantos, Micro EXAFS study into the oxidation states of copper coloured Hispano-Moresque, lustre decorations, J. de Physique IV **104**, 0519-522, **2003**.
- C. F. Bohren, D. R. Huffman, Absorption and Scattering of Light by Small Particles, Wiley science paperback series, Wiley, NY. **1998**.
- T. Pradell, J. Molera, C. Bayes, P. Roura, Luster decoration of ceramics: mechanisms of metallic luster formation, Appl. Phys. A **83**, P. 203-208, **2006**.
- A. D. Smith, T. Pradell, J. Roque, J. Molera, M. Vendrell-Saz, A. J. Dent, E. Pantos, Color variations in 13th century hispanic luster- An EXAFS study, J. Non-Crystalline Solids, **352**, p. 5353-5361, **2006**.
- J. Molera, M. Mesquida, J. Perez-Arantegui, T. Pradell, M. Vendrell, Archaeometry **43**, p. 455, **2001**.
- T. Pradell, J. Molera, A. D. Smith, M. S. Tite Early Islamic lustre from Egypt, Syria and Iran (10th to 13th century AD), Journal: J. Archaeolog. Sci. - J ARCHAEOL SCI , vol. 35, no. 9, 2649-2662, **2008**.
- T. Pradell, A. Climent-Font, J. Molera, A. Zucchiatti, M. D. Ynsa, P. Roura, D. Crespo, Metallic shine in luster: an elastic ion backscattering study, J. Appl. Phys. **101** (9) no. 103518, **2007**.
- T. Pradell, J. Molera, A. D. Smith, A. Climent-Font, M. S. Tite, Technology of Islamic lustre, J. Cultural Heritage, 9 Elsevier **123-128**, **2008**.
- H. Phylon, Early Islamic Ceramics, Benaki Musium, Athens, **1980**.
- U. Krebig, M. Vollmer, Optical Properties of metal Cluster Springer **25**, Springer Verlag, **1995**.
- W. D. Kingery, P. B. Vandiver, Ceramic masterpieces, art structure and technology, An Islamic Lustreware from Kashan, The Free press, New York, Ch. 5, **1985**.
- S. Padovani, I. Borgia, B. Brunetti, A. Sgamellotti, A. Giullvi, F. D'Acapito, P. Mazzoldi, C. Sada, G. Battaglin, Silver and

- copper nanoclusters in the Luster decoration of Italian Renaissance pottery: EXAFS study, Appl. Phys. A.79 (2), 229-233, **2004**.
24. S. Bethier, G. Padeletti, P. Fermo, A. Bouquillon, M. Aucouturier, E. Charron, V. Reillon, Lusters of renaissance pottery: Experimental and theoretical optical properties using inhomogeneous theories, Appl. Phys. A83, 573-579, **2006**.
25. S. Perez-Villar, J. Rubio, L. Oteo, Study of color and structural changes in silver painted meddieval glasses, J. Non-crystalline Solids, 354, 1833-1844, **2008**.