نشریه هنرهای زیبا - هنرهای تجسمی • شماره ۴۸ • زمستان ۱۳۹۰

گل سلولزی؛ بررسی و شناخت ماده، قابلیت‌ها و کاربردهای آن از منظر هنری*

شعبانعلی قربانی[**1]، **دکتر محمدتقی آشوری**[2]، **دکتر حسین سرپولکی**[3]

[1] کارشناس ارشد صنایع دستی (گرایش طرح و تولید)، دانشکده هنرهای کاربردی، پردیس باغ ملی، دانشگاه هنر تهران، تهران، ایران.

[2] استادیار دانشکده هنرهای کاربردی، پردیس باغ ملی، دانشگاه هنر تهران، تهران، ایران.

[3] دانشیار گروه سرامیک، دانشکده مواد و متالورژی، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، ایران.

(تاریخ دریافت مقاله: ۹۰/۸/۱۱، تاریخ پذیرش نهایی: ۹۰/۱۰/٤)

چکیده

استفاده از مواد مرکب رسینه به منظور بهبود خواص و کارآیی گل رس دارای سابقه‌ای طولانی است. گل رس ماده‌ای بسیار انعطاف‌پذیر و مناسب جهت ساخت احجام و سفالینه‌ها است، لیکن دارای کاستی‌ها و مشکلات بسیاری نظیر ترک خوردن و وزن زیاد و ... نیز هست که کارکردن با آن را مشکل می‌سازد. از قدیم افزودنی‌های مختلفی را برای بهبود خواص گل به آن می‌افزوده‌اند. امروزه نیز با توجه به پیشرفت‌های فنآورانه و نیز اختراع و کشف مواد جدید این روند همچنان ادامه دارد. در این مقاله، برخی از رایج‌ترین افزودنی‌ها و نحوهٔ تأثیر آنها در ارتقای کیفیت سرامیک‌های هنری مورد بررسی قرار گرفته است. در این میان الیاف سلولز به عنوان یک افزودنی مؤثر و چند منظوره جهت تولید «گِل سلولزی» به طور خاص مورد بررسی قرار گرفته و زمینه‌های تاریخی، خواص و ویژگی‌ها، فرمولاسیون، تکنیک‌ها، قابلیت‌ها و کاربردهای هنری این ماده‌ی مرکب، بخش اصلی این مقاله را تشکیل داده است. الیاف سلولز با توجه به ویژگی‌های ساختاری و شیمیایی خود موجب بهبود خواص متعددی از گل رس نظیر کاهش وزن، افزایش استحکام خام، کاهش ترک خوردگی‌ها و ... می‌شوند. در این خصوص آزمایشات مقایسه ای فنی نیز در خصوص تعیین برخی خواص گل سلولزی، نظیر استحکام خام و پس از پخت، میزان سبکی بدنه‌ها در حالت خام و پس از پخت، میزان تخلخل و جذب آب بدنه‌ها، انجام و نتایج آنها ارائه گردیده است.

واژه‌های کلیدی:

گل رس، مواد افزودنی، کامپوزیت، الیاف سلولز، گل سلولزی.

* این مقاله برگرفته از پایان نامه کارشناسی ارشد نگارنده سوم با عنوان: «گل سلولزی (Paper Clay)، بررسی و شناخت ماده، قابلیت‌ها و کاربردهای هنری آن» می‌باشد که در تیرماه ۱۳۸۹ در پردیس باغ ملی دانشگاه هنر تهران ارائه گردیده‌است.

** نویسنده مسئول: تلفن و نمابر: ٤٦٨٤٨٣٤٤-۰۲۱ ، E-mail: lotous@gmail.com.

مقدمه

گل‌رس ماده‌ای ایده‌آل و بسیار جذاب برای کارکردن به شمار می‌رود. قابلیت فرم‌پذیری و انعطاف عالی آن و احساس خاصی که در حین لمس و کارکردن با آن به انسان دست می‌دهد، همواره سبب گشته تا به یکی از مواد اولیه‌ی مورد توجه و علاقه‌ی بشر در طول تاریخ و در بین تمامی فرهنگ‌ها تبدیل شود. لیکن باید اذعان داشت که فرایند کار با این ماده در عین سادگی با مشکلات بسیاری نیز همراه است.

به طور مثال گل رس را باید برای اهداف مورد نظر به‌صورت‌های خاصی آماده کرد و شرایط آن را همواره ثابت نگاه داشت. در حین کار با این ماده باید مراقب بود تا محصول یا اثر خشک نشود و فرصت کافی برای کار بر روی آن فراهم باشد. اگر محصول به صورتی یکنواخت و آرام خشک نشود، ترک‌خوردن و تاب برداشتن‌ها در حین کار حتی برای افراد حرفه‌ای نیز به دفعات رخ خواهد داد، که اصلاح آنها اگر نه کاملاً اما تقریباً غیرممکن است. ضخامت بدنه‌ها باید تا حد ممکن کم و به صورت یکنواخت باشد، در غیر این صورت اختلاف ضخامت موجب بروز تنش و شکستن آثار خواهد شد. قطعات خام بسیار شکننده و آسیب‌پذیر هستند و باید با احتیاط کامل حمل و جابجا شوند. قطعات در حالت مرطوب و در آثار بزرگ، حتی پس از خشک‌شدن و پخت نیز ممکن است بسیار سنگین باشند. آثار بزرگ را نمی‌توان به راحتی و بدون مشکل با این ماده ساخت و ابعاد اثر محدودیت خاصی دارد. خشک‌کردن و پخت بدنه‌ها مشکلات خاصی را به همراه‌داشته و نیاز به تبحر دارد. لعابکاری نیز فوت و فن‌های خاص خود را دارد و لعاب باید الزاماً بر روی بدنه‌هایی که ابتدا پخت بیسکویت شده‌اند اعمال شده و مجدداً پخت شود، که انرژی و زمان قابل ملاحظه‌ای را نیاز دارد. برای هر نوع تکنیکی باید از گل خاص و مناسب برای آن استفاده شود؛ مثلاً گل چرخکاری و گل مناسب برای مجسمه‌سازی کاملاً متفاوت هستند و از مواد و اجزاء مختلفی تشکیل شده‌اند. حقیقت این است که سفالگری فرایندی مملو از شکست‌های مداوم است. سفالگری نیاز به زمان و پشتکار بسیاری برای تبحر یافتن دارد. در حقیقت گل رس ماده‌ی مناسبی برای افراد زود رنج و کم حوصله نیست.

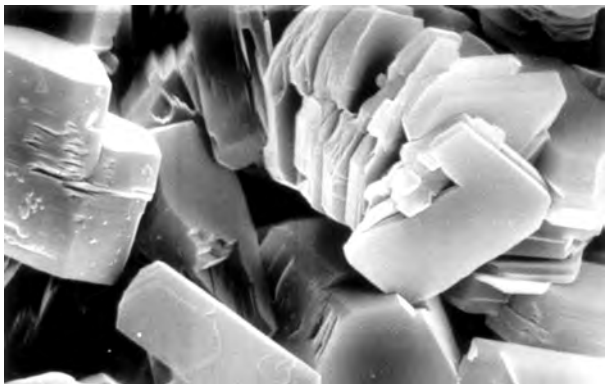
از زمان‌های قدیم برای کاربردهای ویژه و یا رفع مشکلات کار با گل رس به آن افزودنی‌هایی اضافه و یا شرایط خاصی را برایش فراهم می‌کردند. بشر به طور تجربی و یا شاید کاملاً اتفاقی دریافته بود که افزودن بعضی مواد (گیاهی و یا معدنی) به گل رس می‌تواند خواص آن را متناسب با کاربرد خاصی که در نظر دارد تغییر دهد. اگر چه افزودنی‌های متنوعی برای کنترل خواص بدنه‌های رسی پیشنهاد شده است، اما در این میان استفاده از ترکیب گل رس و الیاف سلولز، یعنی ماده‌ی «گِل سلولزی» به تنهایی بسیاری از معضلات کار با گل رس که در مقدمه به آنها اشاره شد را مرتفع می‌سازد. در این پژوهش ابتدا برخی از رایج‌ترین افزودنی‌های رایج به گل رس معرفی شده‌است و تأثیر و خواص هر کدام از آنها به صورت خلاصه مورد بررسی قرار گرفته‌است و سپس به طور ویژه به خواص و قابلیت‌های ماده‌ی مرکب «گل سلولزی» با تأکید بر کاربردهای هنری آن پرداخته شده است.

روش تحقیق

روش تحقیق در این پژوهش توصیفی- تحلیلی و همچنین تجربی است. در این تحقیق، افزودنی‌های رایج به گل رس جهت تولید کامپوزیت‌های سرامیکی در وحله‌ی اول بر اساس مطالعات نظری و جمع‌آوری اطلاعات مورد نیاز از طریق منابع مختلف کتابخانه‌ای، سپس مقایسه و تجزیه و تحلیل اطلاعات به دست آمده و طبقه‌بندی مطالب صورت گرفته‌است. در وحله‌ی دوم، نمونه‌سازی، انجام تجربیات و آزمایشات فنی و علمی به صورت مقایسه‌ای در خصوص تعیین برخی خواص کامپوزیت گل سلولزی با درصدهای مختلف می‌باشد.

گل رس

خاک رس، به طور کلی ماده‌ای با منشاء "آلومینو سیلیکاتی"[1] است که اگر با مقدار مناسبی آب مخلوط شود، این قابلیت را دارد تا به هر فرمی که به آن داده شود درآید و وقتی پخت شود مانند سنگ سخت شود. این دو ویژگی از خواص اصلی و مهم گل رس هستند. فرم‌پذیری گل رس تا حدی به دلیل کوچکی ذرات موجود در آن است. ذرات رس در زمره‌ی ریزترین مواد طبیعی هستند. اندازه‌ی ذرات کائولن در محدوده‌ی بین ۰/۱ تا ۱۰ "میکرون"[2] یا کمی بزرگ‌تر قرار دارد. ذرات کائولن تخت و صفحه‌ای شکل هستند. این شکل خاص، موثرترین عامل در ایجاد حداکثر سطح ممکن هم از نظر اصطکاک در پودر خشک و هم از نظر لغزندگی در حضور آب است (تصویر ۱).



تصویر ۱- شکل ذرات کائولن.
ماخذ: (Gault, 1997, 17)

مواد مرکب یا کامپوزیت‌های رسی

به طور سنتی برای بهبود شرایط گل و احتراز از ترک‌ها و شکستن‌ها، مواد افزودنی با منشاء گیاهی، حیوانی یا معدنی را به گل اضافه می‌کنند و خواصی مانند ارتقای کیفیت گل در مقابل فشار، تنش، رطوبت، سبک‌کردن بدنه‌ها، افزایش استحکام، کاهش انقباض، پیشگیری از ترک خوردن و تاب برداشتن، افزایش شوک‌پذیری حرارتی و سایر خواص مورد نظر را به دست می‌آورند (بصیری، ۱۳۶۳، ۸۰-۸۱). مواد افزودنی چون کاه، برگ‌های سوزنی، موی بز و ... همانند آرماتور عمل نموده و مواد متشکله‌ی گل را به یکدیگر پیوند می‌دهند و مانع از گسیختگی آنها می‌شوند. به علاوه مواد دیگری مانند شاموت یا گراگ، ذرات ماسه و سایر مواد معدنی نیز هر کدام به منظورهای خاصی به گل اضافه می‌شوند (گرجستانی، ۱۳۷۹، ۱۸-۲۲).

در علم مواد، اصطلاح "کامپوزیت" به دو یا چند ماده گفته می‌شود که به منظور دستیابی به خواص ویژه‌ای با هم ترکیب می‌شوند، به گونه‌ای که هر کدام از آنها به تنهایی فاقد آن خواص ویژه باشند. کامپوزیت‌ها معمولاً از یک فاز زمینه یا "ماتریس"[۳] و یک "تقویت‌کننده" تشکیل شده‌اند. ماتریس با احاطه کردن تقویت‌کننده آن را در محل نسبی خودش نگه می‌دارد و تقویت‌کننده موجب بهبود خواص مکانیکی ساختار می‌گردد (ثابت، ۱۳۸۰، ۱٤٦).

از دیدگاه زیستی مواد مرکب را به دو گروه "کامپوزیت‌های طبیعی" مانند چوب (چوب را کامپوزیت الیاف سلولز در ماتریس لیگنین می‌شناسند) و "کامپوزیت‌های مصنوعی" مانند فایبرگلاس (الیاف شیشه در ماتریس رزین) طبقه‌بندی می‌کنند. از لحاظ نوع تقویت کننده نیز آنها را به دو گروه "کامپوزیت‌های تقویت شده توسط فیبر یا الیاف" و "کامپوزیت‌های تقویت شده توسط ذرات" تقسیم بندی می‌نمایند (موسوی کیانی و اطاقسرا، ۱۳۸۵، ۵).

با توجه به این توضیحات "گل سلولزی" را می‌توان به این صورت تعریف نمود: "گل سلولزی نوعی کامپوزیت ساخته شده با مواد طبیعی و تقویت شده توسط الیاف است که در آن گل رس نقش ماتریس یا ماده‌ی زمینه و الیاف سلولز نقش تقویت کننده‌های الیافی را بر عهده دارند و به منظور بهبود خواص فیزیکی و مکانیکی گل‌رس تولید می‌شود." شایان ذکر است که اگر چه گل سلولزی یک نوع کامپوزیت رسی محسوب می‌شود، اما در اثر پخت کلیه مواد سلولزی عموماً سوخته و ازبین می‌روند و تخلخل به جای می‌گذارند و محصول باقیمانده از مرحله‌ی پخت دیگر کامپوزیت نخواهد بود.

کامپوزیت‌های الیافی

از نظر فنی کامپوزیت‌های الیافی مهم‌ترین نوع کامپوزیت‌ها هستند که خود به دو گروه الیاف کوتاه و بلند تقسیم می‌شوند. الیاف می‌بایست استحکام کششی بالایی داشته و خواص لیف آن در قطر کم، از خواص توده‌ی ماده بالاتر باشد. خواص کامپوزیت‌های الیافی بستگی زیادی به خواص الیاف و ماتریس و نیز جهت الیاف، طول الیاف و کیفیت اتصال ماتریس و الیاف دارد. الیاف به طور کلی به دو دسته‌ی "الیاف طبیعی" و "الیاف مصنوعی" طبقه بندی می‌شوند. الیاف پشم و پنبه از الیاف طبیعی و الیاف نایلون و الیاف شیشه از الیاف مصنوعی هستند. ساختمان ظاهری الیاف از مهم‌ترین عواملی است که بر خواص آنها تأثیرگذار است (عمادی نژاد، و فرزان، ۱۳۷۳، ۷۹). در جدول ۱ به برخی از این رایج‌ترین افزودنی‌های الیافی که

جدول ۱- جدول مقایسه‌ای افزودنی‌های الیافی رایج به گل رس و خواص آنها.

افزودنی	نوع و منشاء	ابعاد	مقدار در گل	عملکرد
کاه Straw	طبیعی لیفی؛ آلی و ارگانیک، ساقهٔ گیاهانی نظیر گندم و برنج	قطر بین ۱ تا ۵ میلی‌متر و طول بین ۱ تا ٤٠ سانتی‌متر	برای کارهای معمولی ۱۵٪ حجمی که بسته به نوع کار قابل افزایش است	نگهداری ذرات گل، افزایش استحکام خام، کاهش انقباض و ترک خوردگی، برای آثار بزرگ و در معماری
لوئی Cattail	طبیعی لیفی؛ آلی و ارگانیک، الیاف ظریف کلالهٔ گل نی (تیغاسه)	کرک‌های ظریف، قطر از ۲/۰ تا ۱۰ میلی‌متر و طول تا ۱۰ میلی‌متر	از ۵٪ تا ۵۰٪ حجمی بنا به کاربرد قابل افزودن است	تقویت گل، افزایش استحکام خام، کاهش انقباض و ترک خوردگی، سبک سازی، برای آثار حجمی، خشت و ظروف
مو، پشم حیوانی Wool, Hair	طبیعی لیفی؛ آلی، الیاف پروتئینی موی حیوانات	قطر تا ٤٠ میکرون و طول تا ۲۵ سانتی‌متر	مقادیر متفاوت بنا به کاربرد	تقویت گل، افزایش استحکام خام، ممانعت از ترک خوردگی
الیاف شیشه Fiberglass	مصنوعی لیفی؛ الیاف بازیافته از مواد معدنی	بسیار متنوع از الیاف ظریف تا نخ و پارچه	۱ تا ۵٪ وزنی برای افزایش استحکام خام و پس از پخت رایج است	تقویت بدنه‌ها، افزایش استحکام خام و پس از پخت، کاهش انقباض و ترک خوردگی
الیاف نایلون Nylon	مصنوعی لیفی؛ بازیافته از مواد شیمیایی	با قطرها و طول‌های بسیار متنوعی در دسترس است.	بسته به نوع الیاف تا ۵۰٪ حجمی قابل افزودن است	تقویت بدنه و افزایش استحکام خام، شبیه سازی حالت چین خوردگی پارچه یا ورقهٔ گل
الیاف سلولز Cellulose	طبیعی لیفی؛ آلی و ارگانیک، از چوب درختان و گیاهان آوندی	طول بین ۰/۵ تا ۵ میلی متر	بین ۲ تا ۵۰٪ حجمی رایج است. تا ۱۰۰٪ حجمی قابل افزایش است	تقویت بدنه و افزایش استحکام خام، سبک سازی، ایجاد تخلخل، جلوگیری از ترک، بهبود شوک پذیری حرارتی و ...

به منظور بهبود و تقویت بدنه‌ها به گل رس اضافه می‌شوند، اشاره گردیده است.

کامپوزیت‌های ذره‌ای

از انواع دیگرکامپوزیت‌ها می‌توان به کامپوزیت‌های ذره‌ای اشاره کرد. این کامپوزیت‌ها نیز خود به انواع طبیعی و مصنوعی و آلی و معدنی طبقه بندی می‌شوند. رایج‌ترین افزودنی‌های ذره‌ای به گل رس به شرح زیر هستند (جدول ۲):

طبیعی است که به وفور در اختیار بشر قرار دارد؛ یعنی "رس" و "سلولز"، که با "آب" دیگر ماده‌ی طبیعی فراوان، ترکیبی را در اختیار ما قرار می‌دهد که دارای خواص منحصر به فردی است. غالباً نسبت گل رس بیشتر از خمیر کاغذ در ترکیب است و لذا اشیایی که با این ماده ساخته‌می‌شوند، بدون این که در کوره براثر سوختن سلولز از هم بپاشند پخت می‌شوند. سلولز مورد نیاز برای ترکیب را می‌توان به راحتی از کاغذها و روزنامه‌های باطله و دورریختنی به دست آورد و یا به صورت سلولز آماده از کارخانه‌های کاغذسازی تهیه کرد.

جدول ۲- جدول مقایسه‌ای افزودنی‌های ذره‌ای رایج به گل رس و خواص آنها.

افزودنی	نوع و منشاء	ابعاد	مقدار در گل	عملکرد
خاک اره Sawdust	طبیعی ذره‌ای، آلی و ارگانیک، ذرات حاصل از اره کردن چوب	ذرات بسیار ریز تا ذرات درشت؛ تا ٦ میلی‌متر	تا ۵۰٪ حجمی قابل افزایش است. مقادیر زیاد از استحکام بدنه می‌کاهد	سبک کردن و متخلخل کردن بدنه‌ها، آثار بزرگ و به ویژه در آجرهای عایق و نسوز کوره
خاکستر Ash	طبیعی ذره‌ای؛ آلی (گیاهی)، از سوزاندن چوب و گیاهان	ذرات ریز پس از کوبیدن و آسیاب شدن	بین ۵ تا ۱۰٪ حجمی در بدنه و بیشتر در لعاب سازی رایج است	افزایش استحکام خشک، سبک سازی، ایجاد تخلخل، کمک ذوب، کاهش انقباض و ترک
شاموت Chamotte	مصنوعی ذره‌ای؛ بازیافتهٔ معدنی	بین ۰/٤ میلی‌متر تا حداکثر ۸ میلی‌متر	بین ۱۰ تا ۳۰٪ حجمی بنا بر کاربرد رایج است	کاهش ترک، افزایش استحکام و ایجاد تخلخل و بافت سطحی
سیلیس SiO2	طبیعی ذره‌ای؛ ذرات بازیافتهٔ معدنی	بین ۲ میکرون تا ۲ میلی‌متر	بین ۱ تا ۱۰٪ وزنی بنا بر کاربرد رایج است	افزایش استحکام، بهبود لعاب پذیری، ایجاد بافت سطحی
ورمیکولیت Vermiculite	طبیعی ذره‌ای؛ دانه-های ریز و درشت و رنگارنگ معدنی	دانه بندی در اندازه‌های متنوعی وجود دارد	بین ۵ تا ۳۰٪ حجمی بنا بر کاربرد رایج است	برای کارهای عظیم الجثه به منظور کاهش وزن اثر پس از پخت، ایجاد تخلخل و بافت سطحی
پرلیت Perlite	طبیعی ذره‌ای؛ ذرات و دانه‌های معدنی آتشفشانی	دانه‌های ریز و درشت میانگین ۲/۵ میلی‌متر	۲۰ تا ۲۵٪ حجمی معمولاً برای آثار مجسمه‌ای رایج است	برای سبک کردن گل و در بدنه‌های راکوی غیر سلولزی در استحکام بخشیدن به بدنه‌ها
کیانیت Kyanite	طبیعی ذره‌ای؛ معدنی	کیانیت ریز دانه میانگین ٤٥ میکرون	۲ تا حداکثر ۵٪ وزنی برای آثار بزرگ رایج است	استحکام بعد از پخت را افزایش و دفرمگی را کاهش می‌دهد
بنتونیت Bentonite	طبیعی ذره‌ای؛ ذرات بسیار ریز معدنی	میانگین ۰/۱ میکرون	حداکثر ۲٪ وزنی در لعاب و ٦٪ وزنی در بدنه	بهبود پلاستیسیتهٔ سایر رس‌ها، به عنوان چسب و نرم کننده در لعاب
ولاستونیت Wollastonite	طبیعی ذره‌ای؛ معدنی	دارای دانه بندی متنوع	از ۲ تا ۵٪ وزنی رایج است	کمک به کاهش انقباض بدنه و بهبود سختی پس از پخت

"گِل سلولزی" چیست؟

در بین تمام مواد طبیعی، مصنوعی، آلی و معدنی که به عنوان افزودنی به گل رس اضافه می‌شوند، الیاف سلولز (خمیر کاغذ) افزودنی مناسبی برای گل‌رس است که در مقایسه با قدمت سفالگری به تازگی شناخته شده‌است. قابلیت‌های فراوانی که این ماده برای شاخه‌های متنوع و مرتبط با سفالگری و مجسمه‌سازی فراهم آورده است، آن را به ماده‌ای محبوب و رایج در بین هنرمندان در نقاط مختلف جهان تبدیل کرده است. ماده‌ی اولیه‌ی این ترکیب چنان که از نامش بر می‌آید مخلوطی از دو ماده‌ی

زمینه‌ها و تاریخچه‌ی استفاده از گل سلولزی

تولیدکنندگان کاغذ از مدت‌ها پیش، از گل رس در محصولاتشان سود می‌جستند. آنها دریافته بودند که افزودن مقادیر کمی گل رس مرغوب و سفید به خمیر کاغذ به عنوان یک "پُرکنندهٔ"[۶] عالی برای کاغذسازی مناسب است. زیرا ذرات بسیار ریز رس، منافذ و فواصل ریز موجود بین الیاف فیبروز کاغذ (سلولز) را پرمی‌کنند و باعث بهبود چسبندگی و نرمی کاغذ می‌شوند. اما بر خلاف کاغذسازان، سفالگران در گذشته ازقابلیت‌های خمیر کاغذ یا همان الیاف سلولز به عنوان یک ماده‌ی افزودنی به گل رس غافل بودند و برای آن ارزش چندانی قائل نبودند. سلولز به عنوان ترکیب

غالب تشکیل‌دهندهٔ خمیر کاغذ، اصولاً ماده‌ای آلی (کربنی ارگانیک) می‌باشد که در فرایند پخت می‌سوزد و به خاکستر و دود تبدیل می‌شود و همین مطلب دلیل اصلی این غفلت بوده است؛ چرا باید به خودمان زحمت بدهیم و ماده‌ای را که به راحتی می‌سوزد و از بین می‌رود به گل اضافه کنیم؟

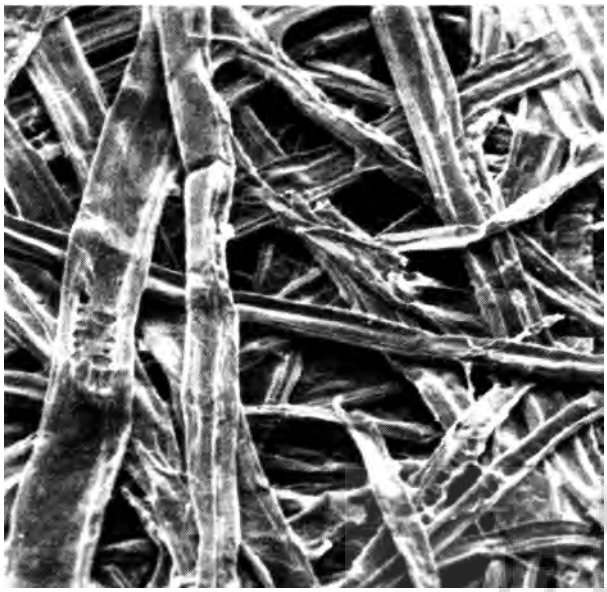
ارائه‌ی تاریخ دقیقی از شروع به کارگیری "گل سلولزی" اندکی مشکل است، زیرا ایده‌ی افزودن خمیر کاغذ به گل دارای سابقه بسیار طولانی در مناطق مختلف جهان است. اما اگر بخواهیم راجع به ترکیب گل‌رس و خمیر کاغذ صحبت کنیم که در کوره پخت شوند، باید اذعان کرد که سابقه‌ی تاریخی از آن وجود نداشته است. در هندوستان نمونه‌هایی از "پاپیه ماشه"[۵] که به همراه گل‌رس به‌صورت خام به کار می‌رود دارای سابقه‌ای چندین هزارساله است. در آنجا همه چیز از ادویه‌های خوش‌بو گرفته تا کهنه پارچه‌های خرد شده، تکه‌های کاغذ، علوفه، برگ درخت مانگو، ماسه، پوست بامبو، برنج، براده آهن و حتی فضولات گاو را بر مبنای هدفی که مورد نظر است به گل اضافه می‌کنند. این مواد برای تولید نمادهای مذهبی و اشیاء آیینی که به راحتی قابل جابجا کردن باشند، به کار می‌روند و گاهی اوقات این اشیاء تنها برای مدت کوتاهی مورد استفاده قرارمی‌گیرند و در پایان برخی از مراسم آیینی، این نمادها و تمثال‌های گاهاً عظیم‌الجثه در رودخانه غرق می‌شوند تا در جریان آب به تدریج حل شوند (Gault,1997,11-12).

از جمله هنرمندانی که با کنجکاوی و پشتکار فراوان در کشف جنبه‌های کاربردی جدیدی از ماده‌ی گل سلولزی پیشگام بوده‌اند می‌توان به خانم "رُزِت گالت"[۶] اشاره کرد که از دهه‌ی ۷۰ میلادی بر روی این ماده تحقیق و مطالعه کرده است. ایشان اولین مقاله‌ی مستقل در مورد قابلیت‌های گل سلولزی را در سال ۱۹۹۲م. در کنفرانس بین‌المللی سرامیک در هلسینکی فنلاند ارائه و خواص این ماده را برای اولین بار به سایر هنرمندان معرفی نمود.

الیاف سلولز

سلولز ماده‌ی اولیه‌ی طبیعی است که منشاء گیاهی دارد و اغلب کاغذها از آن ساخته می‌شوند. سلولز یک "هومو پلی ساکارید"[۷] تشکیل شده از واحدهای گلوکز است. مولکول‌های سلولز خطی هستند و تمایل شدیدی به تشکیل پیوندهای هیدروژنی بین مولکولی دارند. در نتیجه دسته‌هایی از مولکول‌های سلولز با یکدیگر مجتمع می‌شوند و ریز لیفچه‌ها را تشکیل می‌دهند. از تجمع ریز لیفچه‌ها، لیفچه و از تجمع لیفچه‌ها، لیف سلولزی تشکیل می‌شود. بر اثر همین ساختار لیفی و پیوندهای هیدروژنی، سلولز از مقاومت کششی بالایی برخوردار است و در اغلب حلال‌ها نامحلول است (میرشکرایی، ۱۳۸۲، ۸).

غالباً الیاف سلولزی که در کاغذسازی مورد استفاده قرارمی‌گیرند را توسط غلطک، آب گیری و فشرده سازی می‌کنند. این کار باعث می‌شود که الیاف سلولز که شکل لوله‌ای دارند مسطح گردیده و در یکدیگر تنیده شوند (تصویر ۲). این تغییر شکل موقتی است و به محض این که کاغذ در آب خیسانده شود سلولز که "هیدروفیل"[۸] است مجدداً متورم شده و شکل لوله‌ای خود را به دست می‌آورد (Gault, 2008,79).



تصویر ۲- الیاف سلولز پس از غلطک کاری.
ماخذ: (Gault, 2008,79)

مقایسه‌ی الیاف سلولز و ذرات رس

توده‌های ذرات کائولن در زیر میکروسکوپ به صخره شبیه هستند و در قیاس با الیاف لوله‌ای و شاخه مانند سلولز که همچون ریشه‌ی درختان در هم تنیده هستند، بسیار ریزتر می‌باشند. طول الیاف سلولز پنبه بین ۰/۵ تا ٦ میلیمتر است. دوغاب رس که حاوی ذرات ریز رس است در تماس با الیاف سلولز و بر اثر خاصیت آب دوستی آنها به درون لوله‌ی سلولزی کشیده می‌شوند و بین تارهای ظریف سلولز را پر می‌کنند (تصویر ۳) (Gault, 2008,80).

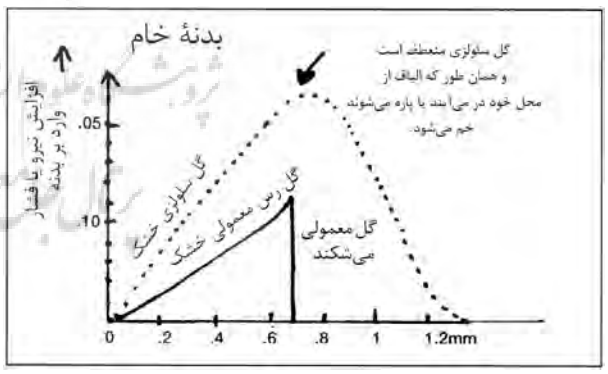
تصویر۳- تصویر میکروسکوپی الیاف سلولز. در نقطه‌ی سفید وسط تصویر میلیون‌ها ذره‌ی رس می‌توانند قرار گیرند.
ماخذ: (Gault, 2008, 80)

خواص،قابلیت‌ها و آزادی‌های منحصر به فرد گل سلولزی

ساختن و به کار بردن "گل سلولزی" بسیار راحت است. در عین دارا بودن استحکام فوق العاده‌ی قبل از پخت، گل سلولزی را می‌توان به صورت لایه‌های چند گانه‌ی خیس بر روی بدنه‌ی خشک اجرا کرد و تقریباً در تمام مراحل ساخت، اثر قابل ترمیم و اصلاح است. در عین حال با این که محصول نهایی پخت و لعابکاری شده در ظاهر تفاوت چندانی با سفالینه‌های سنتی نخواهد داشت، اما قابلیت‌ها و آزادی های گل سلولزی را به هیچ وجه نمی‌توان در کار با گل‌های سنتی مشاهده‌نمود. این ماده بسیار سبک‌تر از معمول و دارای شوک پذیری حرارتی عالی است و استفاده از آن برای ساخت آثار بزرگ و پیچیده بسیار ایده‌آل است. خواص ویژهای که این ماده دارا است باعث شده تا به عنوان ماده‌ای جادوئی در بین هنرمندان جهان شهرت یابد و از آن با عنوان "جادوی گل سلولزی" یاد شود. ازقابلیت‌های این ماده می‌توان به طور خلاصه به موارد زیر اشاره کرد که هر کدام در دنیای سفال و سرامیک حائز اهمیت فوق‌العاده‌ای هستند:

۱- افزایش استحکام بدنه‌های خام

بدنه‌هایی که با گل‌های معمولی (بدون سلولز) ساخته می‌شوند در حالت خام بسیار آسیب‌پذیر هستند و تحمل کمی در برابر ضربات و تنش‌ها دارند و به سادگی می‌شکنند. یکی از مهم‌ترین ویژگی‌های گل سلولزی افزایش قابل ملاحظه‌ی استحکام بدنه‌های خام در برابر نیروها و ضربات است (نمودار۱).

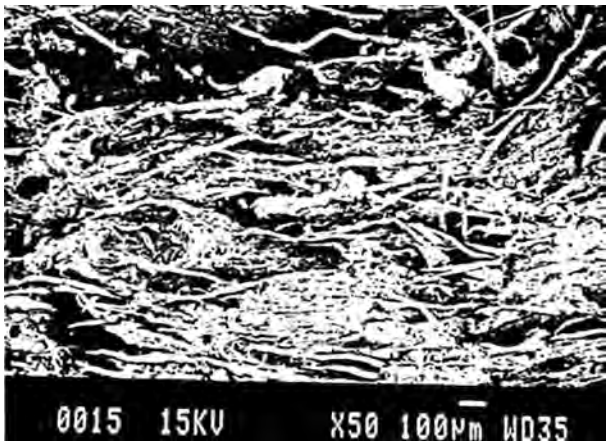


نمودار ۱- مقایسه‌ی میزان استحکام و جابجایی گل سلولزی با گل معمولی.
ماخذ: (Gault,1997,109)

این خاصیت به دلیل وجود الیاف فراوان سلولز است که ذرات گل را در محل خود ثابت نگه‌داشته و تنش‌ها و ضربات را به خوبی جذب و خنثی می‌کنند (تصویر ٤).

۲- مقاومت بالای بدنه‌های گل سلولزی در برابر ترک‌ها و تنش‌ها

ترک خوردن قطعات پس از پخت بیسکویت در گل‌های سنتی یک



تصویر۴- تصویر میکروسکوپی الیاف سلولزی در گل رس.
ماخذ: (Gault,2008,34)

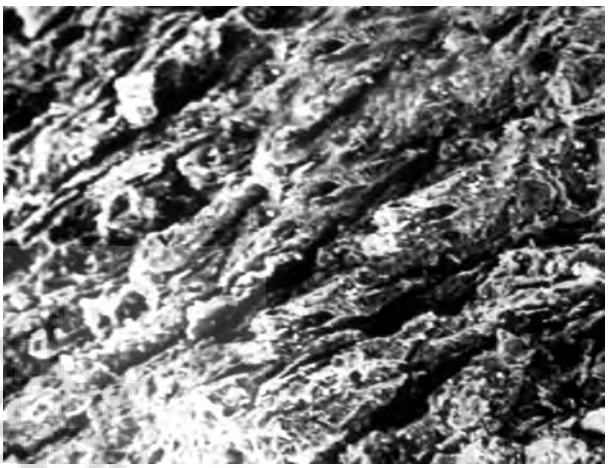
شکست قطعی محسوب می‌شود، اما در گل سلولزی اغلب ترک‌ها حتی پس از بیسکویت شدن نیز قابل ترمیم هستند. هر چه میزان خمیر کاغذ در گل بیشتر باشد احتمال ترک خوردن بدنه‌ها کاهش می‌یابد. تصویر ٥، قابلیت الیاف سلولز در جلوگیری از گسترش یک ترک در حین خشک شدن (به فرض این که نیرو آن قدر زیاد باشد که بتواند اصولاً ترکی را آغاز کند) را نشان می‌دهد. A مسیر ورود تنش و ایجاد ترک می‌باشد. (۱) نشان‌دهنده الیاف ابتدای ترک هستند که بر اثر نیرو از هم گسیخته می‌شوند، (۲) الیافی را که احتمالاً از جای خود خارج می‌شوند را نشان می‌دهد و (۳) نهایتاً الیاف دیگری هستند که جلوی پیشرفت ترک را بگیرند و (٤) نیرو آن قدر ضعیف شده که نتواند پیشرفت کند (Gault, 2008, 85) .

تصویر ۵- مکانیزم مقاومت الیاف سلولز در برابر ترک خوردن.
ماخذ: (Gault,2008,85)

۳- ترمیم، اصلاح، چسباندن و اتصال بدنه های گل سلولزی

تصحیح، ترکیب مجدد، مونتاژ قطعات، کاستن، افزودن، کنده‌کاری و کارهای ادامه‌دار بر روی بدنه‌های گل سلولزی تا آنجا که فکرش را بتوان کرد امکان‌پذیر است. با استفاده از گل سلولزی می‌توان قطعات نرم، چرمینه و یا خشک شده را به یکدیگر و یا حتی در برخی موارد به بدنهٔ بیسکویت شده‌ی دیگری چسباند. اما چگونه این اتصال خیس بر روی خشک امکان‌پذیر است؟ یک

شبکه‌ی مویین از لوله‌های سلولزی در هم پیچیده در داخل گل سلولزی وجود دارد که این امکان را برای آب فراهم می‌آورد تا در آنها جریان پیدا کند. انتهای الیاف سلولز با جذب آب پیچ می‌خورندو گل‌های اطراف را تا زمان پخت در محل خود نگه می‌دارند و در زمان بیسکویت شدن گل‌هایی که به الیاف سلولز چسبیده بودند به حفره‌ی باقی مانده از سوختن سلولز می‌چسبند. در مورد قطعات بیسکویت شده، حفره‌های بر جای مانده از سوختن الیاف سلولز در بدنه، موجب جذب دوغاب رس شده و امکان افزودن گل را به بدنهٔ بیسکویت شده فراهم می‌آورند (تصویر ٦).



تصویر۶- تصویر میکروسکوپی منافذ باقی مانده از سوختن الیاف سلولز پس از پخت.
ماخذ: (Gault,2008,82)

۳- کنده کاری، حکاکی و برش قطعات گل سلولزی

این امکان وجود دارد که در تمام مراحل و حالت‌های قبل از پخت و در برخی موارد پس از "پخت اولیه" یا "سینتر"[۹] و یا حتی پس از بیسکویت شدن، بر روی قطعات گل سلولزی حکاکی و برش انجام داد (Fraser,1973,13). به طور مثال دست مجسمه را پس از خشک‌شدن می‌توان با اره برید و در محل جدیدی با استفاده از دوغاب چسباند. با استفاده از یک تیغ فلزی نیز می‌توان اصلاحات مورد نظر را اعمال کرد (تصویر ۷).

تصویر۷- بریدن و تراشیدن گل سلولزی خشک شده.
ماخذ: (Gault, 1997,48)

٤- خشک کردن سریع بدنه‌های گل سلولزی و پخت بدنه‌های مرطوب

ازقابلیت‌های گل سلولزی توانایی خشک کردن سریع بدنه‌ها حتی با حرارت شعله‌ی مستقیم است که موجب می‌شود فرایند کار بسیار کوتاه گردد. برخی بدنه‌های گل سلولزی با درصد مناسب خمیر کاغذ را حتی می‌توان به صورت مرطوب نیز در کوره پخت. این امر به دلیل وجود منافذ ریز و بسیاری است که لوله‌های سلولز ایجاد می‌کنند و عبور بخار آب از داخل بدنه به خارج را بدون ترکیدن بدنه میسر می‌سازند.

۵- شوک‌پذیری حرارتی بدنه‌های گل سلولزی

الیاف سلولز نه تنها در مراحل اولیه شوک پذیری بدنه را افزایش می‌دهند، بلکه پس از سوختن در دماهای بالاتر از ۲۵۰ درجه‌ی سانتیگراد نیز حفرات ذره‌بینی فراوانی را در بدنه به جای می‌گذارند که باعث استحکام فوق العاده‌ی بدنه در برابر شوک‌های حرارتی می‌گردد. این بافت خاص، با بافت متخلخل استخوان های بدن قابل مقایسه است. برای گل مخصوص راکو نیاز به افزودن حداقل ۲۵٪ حجمی خمیر کاغذ به گل است که این مقدار تا ۱۰۰٪ هم قابل افزایش است (Gault,1997,36).

۶- قابلیت ترکیب قطعات مختلف سرامیک، فلز، سنگ و شیشه در بدنه‌های گل سلولزی

قطعات و فرم‌های سرامیکی، فلزی، سنگی و ... که در مرحله‌ی خام، خشک، بیسکویت و یا حتی لعابدار باشند را می‌توان بر روی بستری از دوغاب گل سلولزی که ضخامت مناسبی داشته و حاوی مقادیر بالایی از خمیر کاغذ باشد، نشاند.

۷- کاربرد گل سلولزی در مجسمه‌سازی

قابلیت‌های گل سلولزی به عنوان یک ماده برای مجسمه‌سازی در بسیاری از اهداف فراتر از حد معمول و انتظار است. بدنه‌های گل سلولزی برای مجسمه سازی می‌توانند گروه وسیعی از نظر ابعاد ذرات و پرکننده‌ها و یا مواد افزودنی غیرپلاستیک را در فرمول خود داشته‌باشند. برای مجسمه‌های خیلی بزرگ می‌توان میزان خمیر کاغذ را تا ۵۰٪ حجمی یا بیشتر زیاد کرد. برای پیکره‌های بزرگ و متوسط می‌توان از میزان متوسط تا زیاد خمیر کاغذ استفاده کرد. برای کاشی و خشت مقادیر کم تا متوسط خمیر کاغذ مناسب‌تر است و برای آویزهای دیواری مقادیر زیاد خمیر کاغذ مناسب می‌باشد (در اینجا منظور از میزان کم یعنی بین ۲ تا ۱۵٪ حجمی، متوسط؛ ۱۵ تا ۳۳٪ حجمی و زیاد؛ ۳۳ تا ۵۰٪ حجمی است) (Gault,1997,36).

۸- آرماتوربندی و ساختارهای حامی فلزی

گل‌های سنتی را نمی‌توان بر روی آرماتورهای فلزی و نظایر آنها به کار برد، زیرا این نوع گل‌ها در حین خشک شدن منقبض شده، ترک می‌خورند و از روی آرماتور کنده‌می‌شوند. یکی از بزرگ‌ترین خواص گل سلولزی این است که می‌توان گل را بر روی

آرماتور به کار برد و برای استحکام بیشتر اجازه داد که خشک شود و سپس گل نرم را بر روی ساختار استحکام یافته اعمال کرد. قبل و بعد از پخت نیز امکان ترمیم و اصلاح اثر وجود دارد. الیاف موجود در گل سلولزی ذرات گل را در جای خودشان نگه می‌دارند و مانع جدا شدن آن از آرماتور می‌شوند. از شبکه‌ها و توری‌های فلزی با ضخامت مناسب نیز می‌توان به عنوان آرماتور استفاده کرد. می‌توان آنها را بر طبق الگوی مورد نظر برش داده و با سیم به هم وصل کرد، سپس دوغاب آماده‌ی گل سلولزی را روی توری ریخته و یا با قلم مو روی آن اعمال می‌کنیم. برای فرمول دوغاب میزان ۲۰٪ حجمی الیاف به ۸۰٪ دوغاب رس ترکیب مناسبی است (Gault,1997,120).

۹- قابلیت ساخت فرم‌های غیر معمول؛ تکنیک غوطه‌وری

فرم‌ها و شکل‌های بسیار عجیب و غیرمعمول را می‌توان با غوطه‌ور کردن آنها در دوغاب رس سلولزی ایجاد کرد. فرم‌های ارگانیکی نظیر شاخه‌ی درختان، اسفنج، برگ، طناب، پر پرندگان، قطعات فلزی خاص و ... را می‌توان در یک سطل پر از دوغاب رس سلولزی غلیظ فرو برده و به آن آغشته نمود. زمانی که قطعه‌ی مورد نظر پوشش و اندود مناسبی یافت، باید اجازه داد تا کاملاً خشک شود و مجدداً برای چند مرتبه‌ی دیگر آن را در دوغاب فروبرد تا ضخامت مناسبی را پیدا کند و سپس در کوره قرار داد و یا با قطعات دیگر برای ساخت مجسمه‌های پیچیده ترکیب کرد.

۱۰- قابلیت پاشیدن یا اسپری کردن گل سلولزی

یکی از روش‌های خلاقانه‌ی کار با دوغاب رس سلولزی اسپری‌کردن آن بر روی مدل‌های از پیش ساخته شده است. برای اسپری کردن دوغاب می‌توان از انواع دستگاه‌های پاشش مورد استفاده در صنایع ساختمانی مانند پاشنده‌هایی که مخلوط‌های رنگی و یا سیمان را اسپری می‌کنند استفاده کرد. دستگاه‌های معروف به "سندبلاست" نیز برای این منظور می‌توانند مفید باشند. در این تکنیک میزان الیاف نباید بیش از حد زیاد باشد (تصویر ۸) (Lightwood, 2008,139).

تصویر ۸- اسپری کردن دوغاب رس سلولزی.
ماخذ: (Lightwood, 2008,139).

۱۱- قابلیت کلاژ و ترکیب قطعات گل سلولزی

فرم‌ها و قطعات کاملاً خشک و یا نرم گل سلولزی را می‌توان به صورت کلاژ در ترکیب با سایر فرم‌ها و پیکره‌ها مورد استفاده قرارداد و از دوغاب سلولزی همان بدنه‌ها به عنوان چسب استفاده‌کرد. باید توجه داشت که قطعات را قبل از اعمال دوغاب باید به خوبی خیس کرد تا اتصالات به بهترین نحو ممکن انجام شوند. حتی می‌توان قطعات بیسکویت شده را نیز اصلاح نمود و مجدداً در کلاژها به کار برد. یکی از مزایای صبر کردن برای کلاژ پایانی این است که می‌توان قطعات مجزا را با بافت و رنگ و یا حتی لعاب مورد نظر ساخته و پس از خشک شدن، آنها را به یکدیگر مونتاژ کرد.

۱۲- گل سلولزی و ورقه‌ها و صفحات تخت و صلب

ورقه‌های بزرگ گل سلولزی را نیز می‌توان در هوای آزاد و بر روی لوح گچی ساخت. ورقه‌های تخت خشک شدهٔ گل سلولزی مناسب دیواره‌سازی و ساختن فرم‌های جعبه‌ای شکل هستند. کارهایی که با یک تخته‌ی چوبی می‌توان انجام داد را در اینجا هم می‌توان اعمال کرد. برش زدن قطعات پس از خشک شدن هیچ گونه صدمه‌ای به بدنه وارد نمی‌آورد (تصویر ۹).

تصویر ۹- "لانهٔ کبوترها" ساخته شده با استفاده از اتصال صفحات خشک گل سلولزی.
ماخذ: (www.grahamhay.com.au)

۱۳- کاربرد گل سلولزی در چرخکاری

گل سلولزی هم‌پای بهترین نوع گل‌های سنتی توانسته‌است نتایج خیره‌کننده‌ای را ایجاد کند، گل سلولزی به ویژه برای فرم‌های پیچیده‌ای همانند قوری، دستگیره‌ها و سفالینه‌های حجمی ترکیبی بسیار مناسب است. برای چرخکاری باید از گل سلولزی همگون و کاملاً ورز داده شده استفاده کرد. بهترین نتایج با افزودن مقادیر کم تا متوسط خمیر کاغذ به گل به دست خواهدآمد (Gault,1997,56).

۱۴- گل سلولزی و روش‌های "فتیله‌ای و شستی"[۱۰]

ظروف و احجام را به سادگی و معمولاً بدون زحمت می‌توان به روش فتیله‌ای با گل سلولزی ساخت. با گل سلولزی می‌توان به دیواره‌های بلند و بسیار نازک دست پیدا کرد. دیواره‌های بلند و

نازک تنها درصورتی آسیب‌پذیر هستند و تاب بر می‌دارند که در معرض حرارت‌های بیش از حد قرارگیرند. در هم بافتن، گره زدن، چین دادن، بافت شبکه‌ای و گیس بافی فتیله‌ها و ساخت انواع الگوها، همگی با شیوه‌ی فتیله‌ای ممکن هستند. برای تکنیک انگشتی تا حد ممکن باید با گل سلولزی نرم شروع کرد. برای سرعت بخشیدن به کار می‌توان از شیوه‌های خشک کردن سریع بدنه (با حرارت مستقیم و ...) استفاده کرد.

۱۵- کاربرد گل سلولزی (دوغاب رس سلولزی) در قالب‌های ریخته گری دوغابی

از میزان ۱۰ تا ۲۰٪ حجمی خمیر کاغذ می‌توان برای مخلوط کردن با دوغاب و تولید "دوغاب رس سلولزی" استفاده کرد. سلولز در دوغاب موجب بهبود استحکام دوغاب و بدنه می‌گردد و دستیابی به بدنه‌های بسیار نازک و ظریف را ممکن می‌سازد. به علاوه زمان جداسازی قطعه‌ی ریخته‌گری شده از قالب را کاهش می‌دهد و می‌توان به راحتی به آن قطعاتی را اضافه کرد و یا آن را تغییر داد. ظروفی که به دست می‌آیند دارای دیواره‌های نازک و بسیار سبک هستند و معمولاً ضایعاتی به همراه ندارند (تصویر ۱۰)(Kim, 2006,1-3).

تصویر ۱۰- قالب های گچی مخصوص ریخته گری و نمونه ظروف گل سلولزی به دست آمده از آنها.
ماخذ: (www.icshu.org)

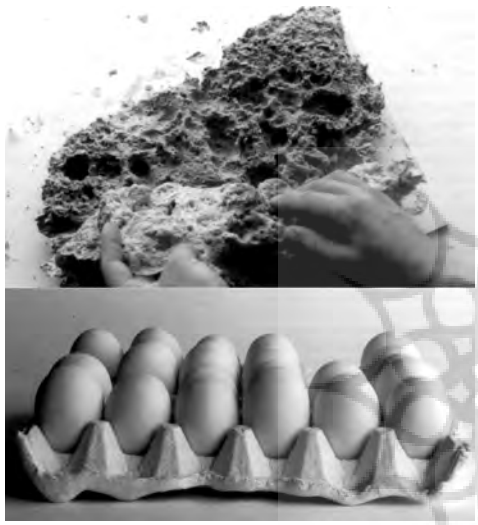
۱۶- قالب گیری فشاری گل سلولزی

از قالب‌های گچی، سفال (بیسکویت) و یا پلاستیکی می‌توان برای قالب‌گیری فشاری با گل سلولزی استفاده کرد. موفقیت کار بستگی به میزان صحیح رطوبت موجود در گل و فشار مناسب دارد (تصویر ۱۱) (Gault,1997,69).

تصویر ۱۱- تکثیر یک پیکره با استفاده از گل سلولزی و قالب فشاری گچی.
ماخذ: (Gault, 1997,69)

۱۷- کاربرد گل سلولزی در قالب‌های انعطاف پذیر (لاتکس)[۱۱]

مهم‌ترین ویژگی سودمند قالب‌های لاتکس نرم این است که با آنها می‌توان فرم‌هایی با فضای منفی معکوس را نیز قالب‌گیری کرد که با قالب‌های گچی غیر ممکن است. دوغاب رس سلولزی را می‌توان درون قالب لاتکس ریخت یا با قلم مو سطح لاتکس را با لایه‌های دوغاب اندود کرد. تصویر ۱۲، یک قالب لاتکس را که از روی مرجان‌های دریایی گرفته شده و تأثیر بافت آن را بر روی گل سلولزی نشان می‌دهد. تصویر پایین، یک شانه تخم مرغ به همراه تخم مرغ‌ها از جنس استون‌ور سلولزی را که با استفاده از قالب لاتکس و دوغاب، قالب‌گیری و ساخته شده است را نشان می‌دهد (Gault,1997,74).



تصویر ۱۲- استفاده از گل سلولزی در قالب‌های منعطف.
ماخذ: (Gault, 1997,74)

۱۸- لعابکاری "تک پخت"[۱۳] با گل سلولزی

لعاب‌های تک پخت را به راحتی می‌توان چه بر روی سطح بدنه‌ها و چه در دوغاب اولیه و در ترکیب با خود بدنه‌ها با گل سلولزی به کار برد. الیاف موجود در بدنه‌ی خشک شده، لعاب مایع را به درون خود و در نتیجه به درون بدنه‌ی سفال جذب می‌کنند و از سوی دیگر بدنه‌ها درصورتی که دیواره‌ها بیش از حد نازک نباشند، آن قدر استحکام دارند که بدون از هم پاشیدن بتوان آنها را در لعاب غوطه‌ور کرد (Gault,1997,58).

۱۹- گل سلولزی و سازه‌هایی که کوره‌ی پخت خود هستند

ساخت سازه‌هایی که خودشان کوره‌ی پخت خود هستند با گل سلولزی امکان‌پذیر است. این آثار می‌توانند به صورت موقتی و نمایشی اجرا گردند و یا اگر از قبل برنامه‌ریزی شده باشد به عنوان مجسمه‌هایی ثابت در همان محل اجرا و پخت باقی بمانند، که در این صورت می‌بایستی حرارت پخت به اندازه‌ی کافی بالا برده شود تا بدنه از استقامت کافی برخوردار شود. کل فرایند اجرا در فضای باز انجام گرفته و اثر پس از ساخته شدن رها می‌شود تا خشک شود و

سپس پخت می‌گردد (تصویر ۱۳) (Lightwood, 2008,159).

تصویر ۱۳- اژدها در حال پخت. محل ورود و خروج آتش در تصویر مشخص است.
ماخذ: (Lightwood, 2008,159)

۲۰- ساخت آثار بزرگ و پیچیده با گل سلولزی

راحتی کار و حمل و نقل آسان مجسمه‌های گل سلولزی به دلیل استحکام و سبکی وزن آنها، از جمله دلایلی هستند که چرا باید گل سلولزی را برای ساخت آثار بزرگ به کار برد. استفاده از ترکیب خمیر کاغذ زیاد در آثار بزرگ اکیداً توصیه می‌شود. در حین کار کردن و ساختن قطعات بزرگ می‌توان از حرارت و یا جریان مصنوعی هوا (سشوار یا پنکه) و حتی شعله‌ی مستقیم برای خشک کردن نسبی آنها استفاده کرد. "نینا هول"[۱۳] دانمارکی به عنوان هنرمندی بین‌المللی، آثار مجسمه- کوره ای بسیاری را اجرا کرده است. وی فرمول خاصی دارد که شامل خاک رس مرغوب به علاوه‌ی ۲۰ تا ۳۰ درصد گراگ و مقدار کافی خمیر کاغذ و خاک اره‌ریز است. وی آثارش را با استفاده از مدول‌های U شکلی از صفحات گلی ایجاد می‌کند که کمی از یک آجر معمولی بزرگ‌تر هستند. این قطعات به شکل چیدن آجر بر روی یکدیگر چیده و لبه‌ها چسبانده می‌شوند و آثاری تا ارتفاع ٤ متر را می‌توان با آنها بنا کرد (تصویر ١٤) (Lightwood, 2008,162).

تصویر ۱۴- "نینا هول" در حال ساخت دیواره‌های اثر.
ماخذ: (www.ninahole.com)

۲۱- قابلیت ساخت آثار خاص با گل سلولزی

گل سلولزی شباهت‌های بسیاری به ورقه‌ی کاغذ یا مقوا، ورقه‌های پلاستیکی، چرم و سطوح جلادار دارد و موارد استفاده فراوانی برای هنرمندان داشته است. انسان تا این کارها را از نزدیک مشاهده نکند باور نخواهد کرد که با سفال و لعاب ساخته شده باشند. این جعبه‌ی رنگ در تصویر ۱۵ با استفاده از شیوه‌های قالب‌گیری و لعابکاری با گل سلولزی ساخته شده است.

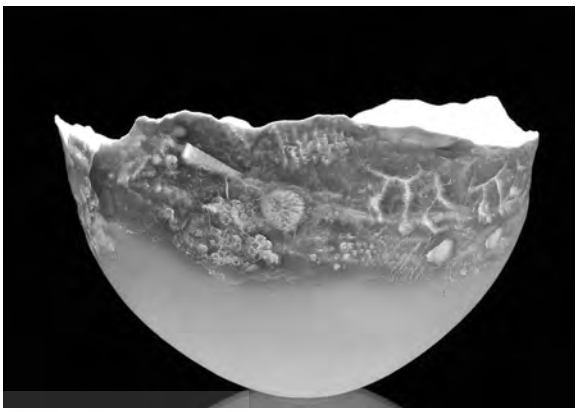
تصویر ۱۵- "جعبه‌ی رنگ" ساخته شده با گل سلولزی.
ماخذ: (www.victorspinski.com)

۲۲- گل سلولزی و نور

یکی ازقابلیت‌های گل سلولزی در ساخت دیواره‌های بسیار نازک است. این قابلیت در ترکیب با رس‌هایی که ذاتاً تا حدی قابلیت "ترانسلوسنسی"[۱٤] یا عبور نور را دارند (همانند پرسلان‌ها و چینی استخوانی) منجر به استفاده از گل سلولزی در طراحی و ساخت عناصر نورپردازی و یا آثاری که نور در آنها نقش مهمی را بازی می‌کند شده است (تصویر ١٦) (Lightwood, 2008,60).

تصویر ۱۶- چراغ‌های رومیزی ساخته شده با ورقه‌های نازک گل سلولزی.
ماخذ: (www.icshu.org)

"آنجلا مِلور"[۱۶] استرالیایی با استفاده از خمیر حاصل از دستمال کاغذی‌های مرغوب که به دوغاب چینی استخوانی اضافه می‌کند، موفق به تولید آثار منحصر به فردی با خاصیت "ترانسلوسنسی" گردیده است. وی در آثارش از شکل‌ها و الگوهای طبیعی ارگانیکی و موجودات دریایی الهام می‌گیرد (تصویر ۱۷).



تصویر ۱۷- ساخت ظروف ترانسلوسنس با استفاده از مخلوط چینی استخوانی و خمیر کاغذ. ماخذ: (www.angelamellor.com)

پخت گل سلولزی

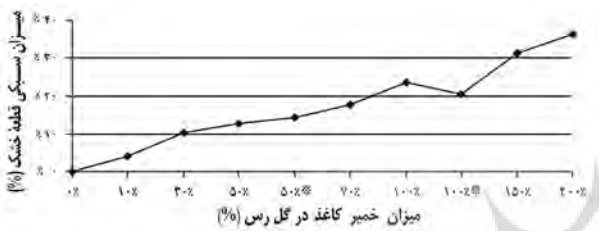
تمام انواع گل سلولزی را باید در کوره‌ها و محیط‌های با تهویه‌ی مناسب پخت، زیرا یک محدوده‌ی زمانی در خلال چند ساعت اولیه‌ی پخت وجود دارد که دود تولید خواهد شد و بوی کاغذ سوخته به مشام خواهد رسید. این دود در ۲۳۲ درجه‌ی سانتیگراد شروع و غالباً پس از حرارت ۲۵۰ درجه متوقف خواهد شد بدنه‌های گل سلولزی را باید در دماهای بالاتر از معمول پخت، به ویژه اگر جنس آنها استون‌ور، پرسلان و یا سایر گل‌های پخت بالا باشد و یا این که درصد خمیر کاغذ به کار رفته در آنها زیاد باشد. پخت بیسکویت را در مورد این گل‌ها باید حداقل در دمای ۱۰۰۰ درجه‌ی سانتیگراد (مخروط حرارتی ۶۰ ـ ۴۰) انجام داد (Gault,1997,102).

آزمایشات فنی و تجربیات مؤلفین

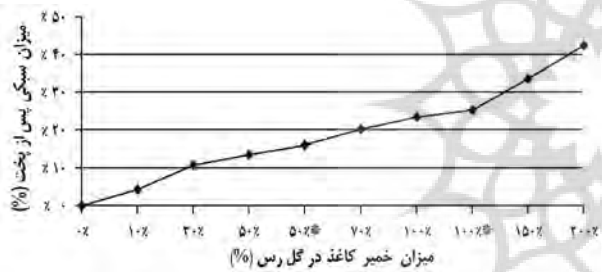
جهت تعیین خواص فنی و فیزیکی انواع گل سلولزی، نمونه‌هایی با درصدهای مختلف خمیر کاغذ تحت شرایط یکسان تهیه و سپس با روش‌ها و ابزارهای تخصصی و علمی مورد سنجش قرار گرفت تا خواص آنها نسبت به یکدیگر و نسبت به نمونه‌ی کنترل (فاقد خمیر کاغذ) مشخص شود. برای خمیر کاغذ از خمیر کاغذ آماده‌ی صنایع کاغذ پارس که از نوع الیاف کوتاه و سفید می‌باشد، استفاده گردید تا خواص آن کاملاً شناخته شده‌باشد (این نوع خمیر کاغذ از باگاس یا همان ساقه نیشکر به دست می‌آید). شایان ذکر است که این الیاف از نوع بسیار کوتاه با میانگین طول ۰/۷۵ میلیمتر هستند که دارای مقدار بسیار ناچیزی لیگنین (در حدود ۰/۷۵ درصد) می‌باشند.

نتایج آزمون اندازه‌گیری وزن خشک و پس از پخت قطعات

هر نمونه تست پس از خشک‌شدن و پس از پخت وزن گردید تا تأثیر خمیر کاغذ در کاهش وزن قطعات مشخص گردد. نتایج این توزین در نمودارهای ۲ و ۳ آورده شده است. با افزایش میزان خمیر کاغذ از وزن قطعات کاسته می‌شود. این امر پس از پخت به دلیل سوختن الیاف، بیشتر از مرحله‌ی خام است. بدنه‌های با خمیر کاغذهای بازیافتی در مقایسه با نوعی که از خمیر غیربازیافتی استفاده شده، کاهش وزن بیشتری داشته است (نمونه‌های ستاره‌دار با استفاده از خمیر کاغذ بازیافتی از شانه تخم مرغ، جهت مقایسه‌ی خواص الیاف بازیافتی با الیاف غیر بازیافتی تهیه شده‌اند).



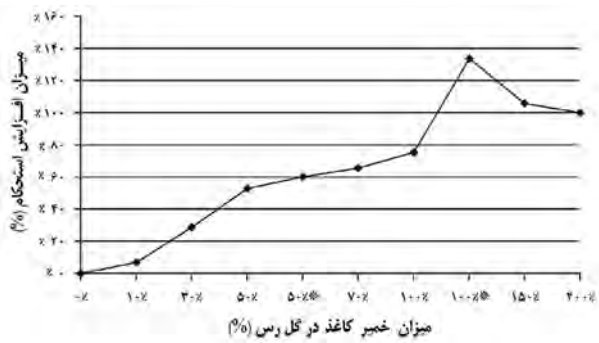
نمودار۲- نتایج آزمون اندازه‌گیری وزن قطعات پس از خشک شدن.



نمودار۳- نتایج آزمون اندازه‌گیری وزن قطعات پس از پخت.

آزمون استحکام سنجی قطعات خام (خشک):

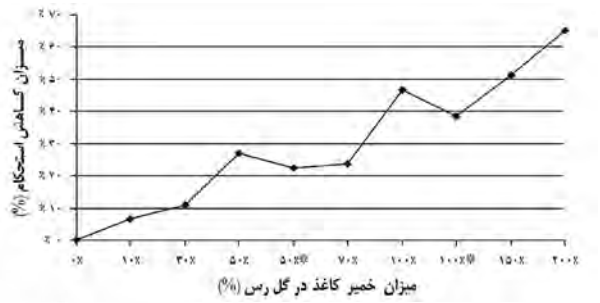
افزایش میزان خمیر کاغذ در بدنه‌ی خام، افزایش استحکام را به دنبال داشته است. در مقادیر خیلی زیاد خمیر کاغذ یعنی در ۲۰۰٪ مجدداً با کاهش نسبی استحکام مواجه هستیم که به دلیل کاهش تراکم ماتریس ذرات رس در کامپوزیت گل سلولزی می‌باشد. مسلماً نوع، طول و ضخامت الیاف سلولز در میزان افزایش استحکام تأثیر گذار است. اصولاً الیاف بلند سلولز دارای بیشترین خواص استحکام بخشی در بدنه‌ها هستند (نمودار ٤).



نمودار۴- نتایج آزمون استحکام سنجی قطعات خام (خشک).

آزمون استحکام سنجی قطعات پس از پخت: (پخت در ۱۰۰۰ درجه‌ی سانتیگراد)

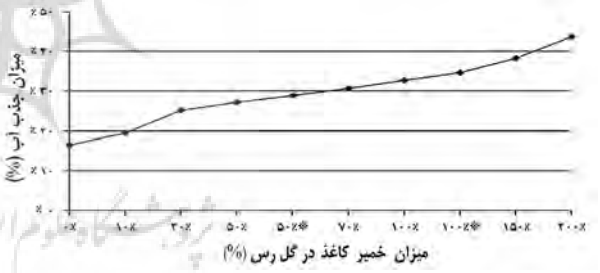
با افزایش میزان خمیر کاغذ بدنه، استحکام بدنه پس از پخت به دلیل افزایش تخلخل و کاهش تراکم ذرات رس کاهش می‌یابد. در اینجا نیز مجدداً شاهد هستیم که بدنه‌هایی که از الیاف خمیر کاغذ بازیافتی تهیه شده‌اند (نمونه‌های ستاره‌دار) نسبت به نمونه‌های مشابه که از خمیر غیربازیافتی تهیه شده‌اند، حائز نتایج بهتری هستند (نمودار ۵).



نمودار ۵- نتایج آزمون استحکام سنجی قطعات پس از پخت.

آزمون اندازه‌گیری میزان تخلخل و جذب آب:

با افزایش میزان خمیر کاغذ بدنه، میزان تخلخل و در نتیجه میزان جذب آب بدنه‌ها افزایش می‌یابد. نتایج مربوطه در نمودار ۶ ارائه شده است.

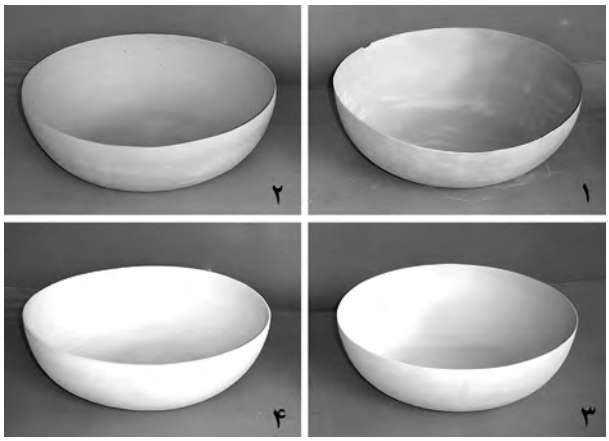


نمودار ۶- نتایج آزمون اندازه‌گیری میزان تخلخل و میزان جذب آب پس از پخت.

بررسی قابلیت‌های ریخته‌گری دوغاب رس سلولزی در خلق آثار بسیار نازک و سبک:

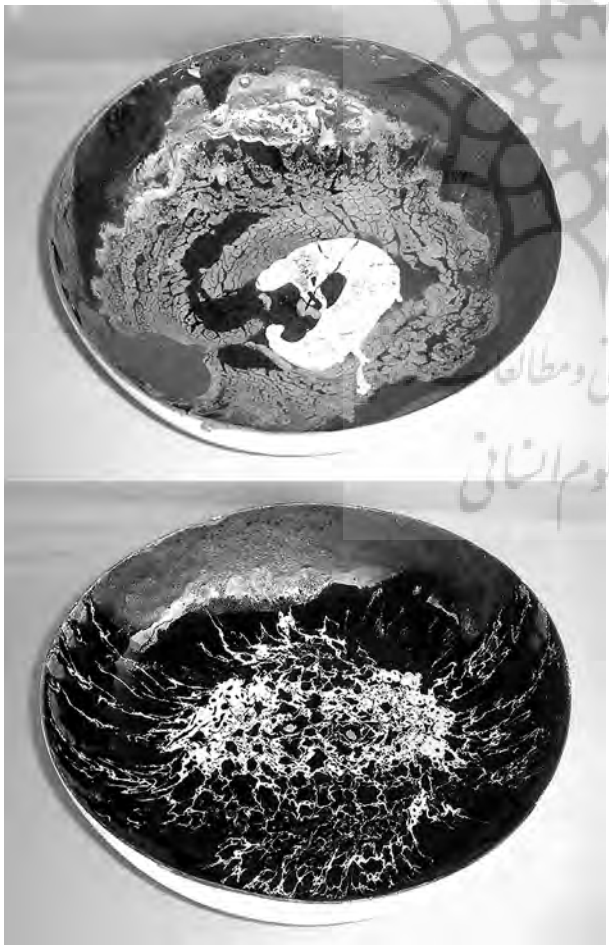
با استفاده از قالب گچی و دوغاب حاوی ۳۵ درصد خمیر کاغذ، تعدادی ظرف کاسه‌ای شکل با ابعاد نسبتاً بزرگ ساخته شد. در ساخت این ظروف از گل‌رس معمولی و بدون افزودنی‌های دیگر ضروری برای ساختن دوغاب نظیر روان‌سازها و .. استفاده گردید. گل‌های مورد استفاده در این آزمایش به خودی خود فاقد خواص مناسب برای ریخته‌گری بوده و تنها با افزودن الیاف سلولز، خواص مناسب ریخته‌گری در آنها ایجاد گردید. ساخت بدنه‌ها با ضخامت‌های بسیار نازک و سبک کاملاً موفقیت‌آمیز و فراتر از حد انتظار بود (تصویر ۱۸).

در نهایت جهت بررسی لعاب‌پذیری این بدنه‌های نازک، دو عدد از آنها با لعاب‌های دو پوست و انقباضی (ضخیم) لعابکاری



تصویر ۱۸- ساخت ظروف نازک و سبک با استفاده از قابلیت‌های ریخته‌گری دوغاب رس سلولزی. به طور مثال نمونه‌ی ۱ دارای مشخصات زیر است: قطر: ۳۶ سانتیمتر، ارتفاع: ۱۱/۵ سانتیمتر، وزن: ۲۴۵ گرم، ضخامت دیواره ۱ تا ۱/۵ میلیمتر.

و مجدداً پخت گردید که نتایج مثبتی را به همراه داشت و نشان دهنده‌ی قابلیت خوب این بدنه‌ها در پذیرش لعاب و پخت مجدد بود. پخت بدنه‌ها و لعاب در کوره‌ی گاز سوز با دمای ۱۰۰۰ درجه‌ی سانتیگراد صورت پذیرفت (تصویر ۱۹).



تصویر ۱۹- نمونه‌های لعابکاری شده‌ی بدنه‌های نازک سفال سلولزی.

نتیجه

مواد افزودنی مختلف می‌توانند به منظور ارتقای کیفیت و بهبود خواص گوناگون گل رس به کار روند. این افزودنی‌ها را برای سهولت شناخت و به کارگیری آنها به طور کلی می‌توان به طرق گوناگونی طبقه‌بندی کرد. آنها را می‌توان بر اساس منشاء آنها طبقه‌بندی کرد؛ به طور مثال مواد افزودنی با منشاء طبیعی که خود به مواد آلی و مواد معدنی قابل طبقه‌بندی هستند و یا مواد افزودنی مصنوعی. مواد افزودنی بر اساس شکل و ساختار آنها نیز قابل طبقه‌بندی هستند. به طور مثال آنها را بر اساس شکل فیزیکی می‌توان به گروه‌های کلی افزودنی‌های الیافی، ذرهای، پولکی و ... طبقه‌بندی کرد. بر اساس عملکرد و خواصی که افزودنی‌ها دارند نیز می‌توان آنها را به گروه‌های گوناگونی دسته بندی نمود. به طور مثال افزودنی‌هایی که دمای ذوب را کاهش می‌دهند (کمک ذوب‌ها)، استحکام را بالا می‌برند، انقباض بدنه‌ها را کاهش می‌دهند و ...

از میان تمام مواد افزودنی به گل رس، الیاف سلولز افزودنی چندمنظوره‌ای است که خواص متنوعی از گل رس را بهبود می‌بخشد. نوع و کیفیت الیاف سلولز در خواص گل سلولزی حاصله تأثیر گذار است. الیاف بلندتر و ضخیم‌تر، استحکام بیشتری را در گل سلولزی ایجاد می‌کنند و ساخت آثار و احجام بزرگ و پیچیده با آنها راحت‌تر امکان‌پذیر است. جهت کاربردهای چرخکاری، دوغاب‌های ریخته‌گری و آثار ظریف، ارجحیت استفاده با الیاف کوتاه سلولز است. لذا برای حصول به بهترین نتیجه ضروری است که از نوع الیاف متناسب با هر کاربردی برای ساخت گل سلولزی استفاده شود (جدول ۳).

گل سلولزی قابلیت‌های شناخته شده‌ی فراوانی دارد. قابلیت کار با گل سلولزی در تمام مراحل و انعطاف‌پذیری آن از مرحله‌ی نرم تا سخت و حتی پس از پخت اولیه و سپس پخت بیسکویت قابل توجه است. فرم را می‌توان تغییر داد یا آن را به دلخواه مجدداً شکل داد. از لحاظ ظاهری نمی‌توان اغلب گل‌های سلولزی را از گل‌های سنتی بدون خمیر کاغذ تشخیص داد. شاید تنها تفاوت ظاهری در وزن سبک و استحکام خام بالای گل‌های سلولزی باشد. گل‌های سلولزی را همچون گل‌های سنتی نیازی نیست که برای مدت‌ها نگه‌داشت تا کیفیت بهتری پیدا کنند. ضروری نیست که آنها را به آهستگی خشک کرد، حتی می‌توان خشک کردن را تسریع نمود. قطعات نازک را می‌توان به قطعات ضخیم متصل کرد و بالعکس. هم چنین نیازی نیست که تمام بدنه از ضخامت یکسانی برخوردار باشد. انواع شیوه‌های کار سفالگری و مجسمه‌سازی را می‌توان با گل سلولزی انجام داد و غالباً می‌توان نتایج بسیار بهتری را از این ماده نسبت به گل‌های سرامیکی بدون خمیر کاغذ به دست آورد. اجرای آثار بزرگ و پیچیده به راحتی امکان‌پذیر است. پخت گل‌های سلولزی راحت‌تر و با خسارات بسیار کمتری همراه است. گل‌های سلولزی را می‌توان به خوبی با فلزات و سایر قطعات سرامیکی ترکیب و آثاری غیر معمول را خلق نمود.

به طور کلی قابلیت‌های تکنیکی و زیبایی‌شناسانه گل سلولزی، هنرمندان سرامیست و مجسمه‌ساز را به ابزاری توانمند و سودمند برای خلق آثارشان مجهز نموده که تولید آنها قبل از این آسان نبوده‌است. باید اذعان داشت که هر هنرمندی قادر است تا با شناخت عمیق خواص و قوانین حاکم بر رفتار گل سلولزی و به کمک قوه‌ی خلاقیت بی‌نهایت انسان، قابلیت‌ها و کاربردهای جدید و بدیعی را برای این ماده کشف و ابداع نماید. در جدول شماره‌ی ٤، خلاصه‌ی شیوه‌های کار در تکنیک‌های مختلف با گل سلولزی در حالت‌های مختلف ارائه شده است:

جدول ۳- جدول مقایسه‌ای نوع الیاف سلولز از لحاظ طولی، کاربرد و خواص آنها.

نوع	طول	بهترین کاربرد	خواص
کوتاه	تا ۲ میلی‌متر	دوغاب‌های ریخته‌گری و چرخکاری	ظرافت بیشتر، عدم پرز دهی حین چرخکاری، کنده کاری و حکاکی راحت‌تر، انقباض بیشتر
متوسط	۲ تا ۳ میلی‌متر	چرخکاری بزرگ، قالب‌های فشاری، خشت و آثار حجمی	ظرافت متوسط، کاهش انقباض بدنه، افزایش استحکام خام
بلند	٤ تا ٥ میلی‌متر	آثار حجمی بزرگ و مجسمه‌های پیچیده	ظرافت کم، حداقل انقباض، حداکثر استحکام بدنه، کنده کاری مشکل‌تر

جدول ۴- خلاصه‌ی شیوه‌های کار با گل سلولزی.

وضعیت گل	کاربرد	تکنیکهای افزودن	تکنیکهای کاستن	سطح اثر
دوغاب مناسب و پایدار	مناسب ریخته‌گری و به عنوان چسب برای اتصال قطعات	قالبگیری در انواع قالب‌ها، آغشتن و ریختن روی بدنه	-	با قلم مو، اسفنج یا ریختن روی بدنه‌ها، آنها را بافت بدهید
گل ورز داده شده مناسب مدلسازی	مورد استفاده در روش قتیله‌ای، شنی، خشت	شکل دادن با قالب-های فشاری و مونتاژ	شکل دادن و کنده کاری‌ها دست و ابزار	مشبک کاری، نقش اندازی یا مهر و حکاکی
مرحله‌ی چرمینه نرم	تولید خشت‌های متنوع، مناسب برای ایجاد حالت پارچه و ...	ورقه‌ها با استفاده از دوغاب سلولزی مونتاژ می‌باشند	خمکاری با احتیاط، قابل برش زدن ورقه سوزن، چوب یا قیچی	جلا و صیقل کاری، ایجاد انواع بافت، شبکه کاری و حکاکی
مرحله‌ی چرمینه سفت	مقاومت بالا، مناسب ایجاد ساختارهای ورقه‌ای	با ایجاد خراش و استفاده از دوغاب قابل مونتاژ است	با ابزار نوک تیز و منه برقی قابل کنده کاری است	جلاکاری کنده کاری و بافت دار کردن
بدنه‌ی خشک شده	قابلیت مونتاژ، ساختن ساختارهای جعبه‌ای شکل	قابلیت ترمیم ترک‌ها، چسباندن قطعات به هم با کمک دوغاب	با اره و یا دریل و یا خیس کردن بدنه و سپس کنده کاری کردن	چاپ اسکرین، اعمال انواع انگوب و دوغاب و لعابکاری
پخت اولیه ٥٥٠°C	آماده کردن بدنه برای حکاکی یا اعمال لعاب	قابل افزودن به بدنه خام و یا بیسکویت	قابل حکاکی کردن و کنده کاری	می‌توان انگوب، دوغاب و یا بافت را اعمال کرد
پخت بیسکویت ۱۰۰۰°C	-	روی بدنه با کمک دوغاب قطعاتی را افزود، ترمیم ترک‌ها	با ابزار برقی مانند دریل دندانپزشکی قابل کنده کاری و برش است	انواع لعاب را می‌توان اعمال نمود
پخت کامل بدنه	-	-	-	لعابکاری و پخت مجدد

پی نوشت ها

1 Alumina Silicate.

۲ Micron: یک میلیونیم متر که با سمبل (μ) نشان داده می‌شود.

3 Matrix.

٤ Filler: فیلر، پر کننده، موادی که در ترکیب مواد بدنه یا لعاب اضافه می‌شوند تا خشک شدن را تسریع و انقباض دوغاب و لعاب را کاهش دهند.

٥ Papier Mache: پاپیه ماشه، تکنیک ساخت مجسمه یا حجم با لایه‌های کاغذ و چسب که کاربردهای هنری دارد.

6 Rosette Gault.

7 Homopolysacarid.

٨ Hydrophilic: هیدروفیل، آب دوست، دارای تمایل شدید برای جذب آب با ایجاد پیوند با آن. (در مقابل واژه‌ی آب گریز: Hydrophobic).

٩ Sinter /Sintering: سینتر یا زینتر، یکی از مراحل مهم پخت بدنه است. این مرحله، گل خام را بدون این که مرحله‌ی شیشه‌ای شدن را بگذراند به یک توده‌ی چسبیده به هم تبدیل می‌کند. این پخت در حدود حرارت ۵۵۰ درجه‌ی سانتیگراد می‌باشد.

10 Coil & Pinch.

۱۱ Latex: لاتکس، یک پلیمر مایع که در مجاورت هوا به صورت نیمه‌سخت و ژلاتینی در می‌آید و به عنوان ماده‌ی قالبگیری برای فرم‌های پیچیده کاربرد دارد.

۱۲ Single Fire/One Fire: تک‌پخت، روشی از پخت محصولات سرامیکی است که در آن قطعه همراه با لعاب در یک مرحله پخت می‌شود. به عبارت دیگر پخت بیسکویت و پخت لعاب در یک چرخه یا سیکل پخت به اتمام می‌رسد.

13 Nina Hole.

١٤ Translucency: ترانسلوسنسی، قابلیت عبور نور از بدنه. این خاصیت بیشتر در بدنه‌های چینی استخوانی و برخی فرمول‌های پرسلان‌ها وجود دارد.

15 Angela Mellor.

فهرست منابع

بصیری، رضا (۱۳٦۳)، لعاب، کاشی، سفال، انتشارات میر (گوتنبرگ)، تهران.

ثابت، علی(۱۳۸۰)، فرهنگ جامع لغات و اصطلاحات صنعت پلاستیک، انتشارات بسپار نو، تهران.

عمادی نژاد، سید لطف الله و فرزان، ناصر(۱۳۷۳)، شناخت مواد ۸، شرکت چاپ و نشر کتابهای درسی ایران، تهران.

گرجستانی، سعید(۱۳۷۹)، آموزش هنر و فن سفال و سرامیک، انتشارات دانشگاه هنر، تهران.

موسوی کیانی، سید محمد و طاهری اطاقسرا، میر محمد(۱۳۸۵)، الیاف نساجی و آزمایشگاه، شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران، تهران.

گری، اسموک (۱۳۸۲)، فن آوری خمیر و کاغذ، میر شکرایی، سید احمد (مترجم)، انتشارات آییژ، تهران.

Gault, Rosette(1997) ,*Paper Clay* , A&C Black , London.

Gault, Rosette(2008) , *Paper Clay for ceramic sculptors; a studio companion*, Seattle WA, USA , Forth Edition.

Lightwood, Anne(2008) , *Working with Paper Clay and other additives*, The Crowood Press , UK , Second Edition.

Kim, Jeoung-Ah(2006) , *Paper-Composite Porcelain*, Goteborg University Press , Sweden.

Fraser, Harry(1973) , *Glazes for the Craft Potter*, A&C Black- London.

www.angelamellor.com

www.icshu.org

www.grahamhay.com.au

www.ninahole.com

www.victorspinski.com

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی