

ХИМИКОТЕХНОЛОГИЧЕН И МЕТАЛУРГИЧЕН УНИВЕРСИТЕТ СОФИЯ

Факултет по Химични технологии

Специалност “Технология на стъклото, керамиката и свързващите вещества”

Катедра „Технология на силикатите”

ДИПЛОМНА РАБОТА

на тема:

„Художествени стъкла за интериорен дизайн и архитектура”

за придобиване на образователно квалификационна степен бакалавър

Ръководител катедра: доц. д-р инж. Албена Йолева

Научни ръководители: доц. д-р инж. Албена Йолева

гл. ас. д-р инж. Тина Ташева

Дипломант: Елица Радоева Грахльова, Фак. №: СЛ4101

София, септември, 2023 г.

ВЪВЕДЕНИЕ

Употребата на материалът стъкло в архитектурата и интериорния дизайн нараства прогресивно от индустриалната революция до днес. Развитието в производството на този крехък материал успешно покрива техническите изисквания в архитектурата и дизайна, посреща битовите нужди и естетическите възгледи на обществото през последното столетие. С развитието на актуалната тема за екологията нараства нуждата от широка употреба на устойчив и безвреден материал с многоспектърна употреба с цел опазването на околната среда и човека. Развитието на технологиите предоставя съвременни решения на тази необходимост и поставя стъклото като един от водещите еко-материали на съвременното. Съществуват множество фрагментарни изследвания по темата за употребата на стъклото в архитектурата и дизайна. Изследванията засягат отделни теми за строителното стъкло като например историята на материала стъкло в архитектурата и дизайна от Древността до Средновековието, архитекти, които работят по проблемите на дизайна от стъкло, както и техники за формообразуване.

Ярката декоративност и емоционалната изразителност на бижута, интериорни детайли и други изделия от стъкло, изработени в различни техники на художествена обработка на този материал, ги правят особено привлекателни в модерен интериор.

Стъклото в архитектурата през последния век се използва по-интензивно благодарение на технологичния напредък в производството му. Именно неговата прозрачност и уникалното му свойство да пропуска светлината го прави така незаменим и ценен. Предизвикателството за всеки архитект е да използва това свойство на стъклото без да допуска появата на „парников ефект“ във вътрешността на сградата. Стъклените конструкции са ефективни, когато пропускат максимално количество естествена светлина и благодарение на фасадните отстояния, които служат за студени мостове между фасадното стъкло и интериора, се постига ефективен контрол на температурната среда.

Целта на настоящата дипломна работа е литературен обзор на развитието на художествените стъкла за интериорен дизайн и архитектура, както и представяне на различни състави художествени стъкла, свойства и видове.

1. Стъклото като художествен и структурен материал за архитектура и интериорен дизайн.

Съвременните технологии за армиране, закаляване и ламиниране на флоат стъклата осигуряват нужните характеристики на прозрачния материал за целите на архитектурата. Стъклото като фасаден материал или структурен елемент ще бъде предпочитан материал в архитектурата на бъдещето. Това вече е факт, поради иновативните стъклени продукти с интегрирани технически системи като отопляеми стъклени панели или стъкло със слънчеви колектори. В бъдеще стъклените повърхности на всяка сграда биха могли да произвеждат слънчева енергия. Ползите за околната среда, обществото и човека от употребата на стъкло в архитектурата могат да бъдат изведени в пет категории:

- Екология: Стъклото е органичен и биоразградим материал, който не вреди на околната среда и човека. Благодарение на силикатната си природа, стъклото се рециклира на 100% и може да бъде използвано многократно.

- Физиология: Стъклото благоприятства пропускането на светлина и топлина в във вътрешността на сградата. Естествената слънчева светлина и откритата гледка към външния свят имат положително влияние върху човешкото здраве и психика. Ползотворните ефекти от цветното стъкло в архитектурата (респективно на цветната светлина) върху човешкото здраве и психика са научнодоказани. Това е материал, който спомага поддържането на отлично здравословно състояние и висока продуктивност на пребиваващите стъклени сгради и помещения.

- Икономия: Стъклото е устойчив и икономически изгоден материал. Суровината за производството на стъклото се намира в изобилие и на практика се счита за неизчерпаем природен ресурс.

- Хигиена: Стъклото е изключително лесен за почистване материал. Това е предимство при архитектурни обекти, в които поддържането на стриктна хигиена е задължително. Разработени са самопочистващи се стъклени панели с наночастици.

- Общество: Сборът от горепоменатите фактори има положително влияние върху развитието на обществото. Масовата употреба на стъклото в архитектурата ще доведе до трайни промени на поведението и мисленето на хората както в материален, така и в духовен аспект.

Стъклописът е бил популярен елемент в изкуството в края на Средновековието (1000 г.-1400 г.). Той се появява по време на епохата на романското изкуство (1000 г.-1200 г.), преди да се превърне в съществена черта на "извисяващия се" готически стил на архитектурата (1150 г.-1375 г.). През това време архитектурните постижения способстват употребата на стъкло върху още по-големи площи в архитектурата. Този процес достига своя апогей в стила Фламбойант в Европа и Перпендикулярният стил във Великобритания. Цветни стъкла започват да се използват масово през XIII в. в катедралната архитектура и изящни витражи красят катедралите на Западна Европа. Във визуалното изкуство терминът „стъклопис“ обикновено означава стъкло, към което е добавен прозрачен цвят по време на производството. Тази техника достигна своя апогей през средната и високата Готика, в изображения на библейски сцени.

1.1. Технологични процеси за получаване на стъклени изделия.

- Издуване – за получаване на обширен асортимент кухи стъклени изделия.
- Пресуване – за изготвяне на плътни, масивни и разнообразни по форма и размери изделия.
- Изтегляне – за формуване на плоско и релефно листово стъкло, стъклени тръби, пръчки и влакна.
- Центробежно формуване – за изготвяне на дебелостенни изделия от електровакуумно, техническо и художествено стъкло.
- Формуване върху разтопен метал – за получаване на листово прозоречно и витринно стъкло с огненополирана повърхност.
- Струйно разпръскване на стъклomаса – За получаване на груби стъклени влакна и вата.
- Молиране на стъклото – при получаване на оптически детайли, панорамни стъкла и закалени стъкла.
- Отливане – за изготвяне на голямогабаритни изделия, блокове и други специални изделия.
- Разпенване на стъклото – при производството на блокове, плочи и други топло- и звукоизолационни материали от пеностъкло.

1.2. Съвременни технологии във формуването на строителното стъкло. Употeba в архитектурата.

- Закаляване на стъклените изделия
- Многослойни безопасни стъкла „ТРИПЛЕКС“
- Методи на формуване на прозоречно стъкло
- Формуване на листово стъкло по флоат метод
- Формуване на цветни стъкла
- Покрития върху плоски стъкла след tempering. Нискоемисионни стъкла.
- Армирани и орнаментни строителни стъкла
- Профилирани стъкла
- Стъклопакети
- Стъклени блокове
- Пеностъкло
- Стъкловлакнест материал – стъклена вата

1.3. Свойства на стъклото в архитектурата

- Повърхностно напрежение
- Вискозитет на стъклото
- Плътност
- Еластичност
- Якост на опън
- Якост на натиск
- Твърдост
- Крехкост
- Специфичен топлинен капацитет
- Теплопроводимост
- Термично разширение
- Термична устойчивост
- Електрични свойства на стъклото
- Оптични свойства
- Химична устойчивост

Стъклените фасади намаляват отоплителните и осветителните разходи на сградите, като самото стъкло, подложено на променливи метеорологични условия, не променя качествата и свойствата си с времето.

1.4. Исторически етапи на развитие и формиране на производството и обработката на стъкло

Стъклото е познато на човека от повече от пет хилядолетия. Учените предполагат, че древните грънчари са били сред първите, които са се запознали с изкуственото стъкло: по време на изпичането смес от сода и пясък може да попадне върху глинения продукт и върху повърхността на продукта се образува стъкловиден филм-глазура. Според друга легенда, първите хора, които се запознали със стъклото, били търговци, които пътували с кервани през арабската пустиня. Сред другите стоки те превозвали сода и, спирайки за през нощта, обградили огъня с торби със сода, така че вятърът да не го издуха. Събуждайки се сутринта, те с изненада открили, че содата се е превърнала в парчета стъкло. Въпреки възможния дял на измислицата - легендата си е легенда - от гледна точка на учените, при уникален набор от обстоятелства, нещо подобно може да се случи: пясъкът се топи при температура от 1710°C, но когато се добави сода към него точката на топене пада значително (до 720°C). Интересното е, че в Месопотамия археолозите са открили един от най-старите стъклени изделия – стъклени мъниста, датиращи от около 2450 г. пр.н.е. д., които, благодарение на метода на производство, правят тази легенда доста подобна на истината: мънистата са били фрагменти от голям стъклен блок, обработен с камък.

Според научно изследване египтяните и жителите на Близкия изток, живели около 3-4 хилядолетие пр.н.е., са първите, които са се научили да правят стъкло. Първата чаша се прави в саксии на огънове или във фурни. В съда се поставя така нареченият заряд - прах от смес от пясък, сода или пепел, като се добавят тебешир, доломит, фелдшпат като примеси. Качествата на бъдещото стъкло - здравина, прозрачност, цвят, химическа устойчивост - силно зависят от качеството и начина на приготвяне на сместа. Например, смес от пясък и сода прави възможно получаването на не много прозрачно мътно стъкло, разтворимо дори в обикновена вода, но когато към този състав се добави алуминиев оксид, термичната и химическа устойчивост, здравина и твърдост на

стъклото се увеличават. Първото стъкло, което човекът се научава да произвежда е непрозрачно. С негова помощ египтяните често имитирали различни камъни - малахит, тюркоаз. Съставът на стъклото непрекъснато се променя, в него се въвеждат допълнителни съставки - оксиди на олово и калай, а за оцветяване - съединения на манган и кобалт. Древните египтяни са познавали два метода за обработка на стъкло: пластично формование и пресоване, с помощта на които първоначално са изработвали само малки предмети. Впоследствие, когато хората се досещат да добавят багрила към трите компонента (около 1200 г. пр. н. е.), се появява цветното стъкло. Първоначално то е предимно синьо, тюркоазено или зелено, тъй като се прави чрез добавяне на мед и желязо. В началото на нашата ера в Египет се появява и синьо стъкло, оцветено с кобалт.

В онези дни стъклото изглежда на хората божествено чудо: в края на краищата то е родено от земята и огъня и дава уникални, противоречиви свойства: когато се разтопи, е меко, пластично и прозрачно, а когато се втвърди, става твърдо и с гладка и лъскава повърхност. Не е изненадващо, че в древни времена стъклото често се оценява над самородните метали - злато и сребро, а способността да се прави се смята за истинско изкуство.

В началото на нашата ера настъпват фундаментални промени в технологията за производство на стъкло: появат се безцветни стъкла и продукти, получени чрез издухване. През 1 век от н. е. е изобретена тръбата за издухване на стъкло, с която става възможно да се създават прости изделия. Интересно е, че инструментът на стъкларя в продължение на хиляди години не е претърпял никакви промени и не е претърпял никакви подобрения: дори и днес майсторите използват дълга желязна тръба, покрита с дърво (за да не изгорят ръцете си) и обгорена в единия край с мундщук, а при другата с крушовидно удебеление за събиране на стъкло. Майсторът нагрява края на тръбата за издухване на огън и я потапя в разтопената стъклена маса, която лесно полепва по тръбата, образувайки гореща буца. След това тръбата бързо се изважда от пещта и стъкларят незабавно започва да духа в нея от противоположния край. В стъклената топка се образува кухо пространство, което се увеличава, когато в нея се вдухва въздух. По този начин са създадени още в древността и до ден днешен могат да се изработват почти всякакви

изделия от стъкло – както малки стъклени изделия (цветни вази, купи, чинии, чаши), така и големи.

През V-VII век. В Европа стъklarството е достигнало най-голямо развитие. Византия постепенно се превръща в център на световното стъklarство, където занаятчиите се научават да създават не само красиви съдове, но и смалт - малки парченца цветно непрозрачно стъкло, от които се правят мозайки.

В началото на XIII век. важни тайни на занаята са били в ръцете на венецианските стъклари, благодарение на безценните образци на ориенталско стъкло, донесени от Константинопол.

В края на XIII век. пещите за топене на стъкло са преместени от територията на Венеция извън града, до малкия остров Мурано. Именно там се появяват известното стъкло "Мурано". Продуктите на майстори от остров Мурано много бързо спечелват голяма популярност. Още през 15-ти век муранското стъкло е изключително високо ценено в цяла Европа, а венецианските дожове дори представят продукти от Мурано - истински произведения на изкуството - като ценни подаръци на важни хора, които посещават града.

През 16 век муранското стъкло придобива световна слава, която между другото е оцеляла и до днес. Произведенията на италиански художници от онова време, са оцелели и до днес: съдовете удивляват със своята безтегловност, чистота и прозрачност и човек може само да се възхищава на художествената изобретателност на стъklarите от Мурано. Те създават съдове за пиене под формата на птици, китове, тритони и лъвовете, камбанарии и бъчви, малки стъклени лодки, които сега могат да се видят в западноевропейските музеи. Прозрачно стъкло, безцветно и оцветено, е украсено с розетки, маски, издутини под формата на капки и мехурчета; ръбовете на съдовете са правени вълнообразни и извити и украсявани с птичи и животински опашки, лапи, крила и др.

Венецианските занаятчии произвеждат декоративни съдове и други художествени стъклени предмети с най-разнообразна форма и техника, боядисани с емайли, покрити с позлата, украсени с шарки от пукнатини (пукнатини) и стъклени нишки. По същото време през XVI век производството на стъкло започва да се развива и в Испания, Португалия, Холандия, след това

във Франция, Англия, Германия и, за съжаление, през 17 век. модата на деликатните венециански продукти започва да избледнява, отстъпвайки място на тежкото шлифовано стъкло от Бохемия и Силезия.

В началото на XVII век. във Франция започва да се използва нов метод за създаване на стъклени изделия - леене на огледално стъкло върху медни плочи, последвано от валцуване. Приблизително по същото време е открит метод за обработка на стъкло чрез ецване (използвайки смес от флуорна и сярна киселина); започва да развива производството на прозоречно и оптично стъкло.

А за прочутото стъкло от Мурано междуременно настъпват трагични дни: в началото на 17-ти и 18-ти век, няколко години след като островът е окупиран от френските революционни войски, всички стъklarски работилници на острова са унищожени. Венецианската стъklarска индустрия започва да се съживява едва в средата на 19 век, когато известен адвокат Антонио Салвиати, с финансовата подкрепа на двама англичани, големи почитатели на венецианската античност, основава отново фабрика в Мурано. Производството на великолепни стъклени изделия е възобновено в имитация на великите образци от миналото и оттогава интересът към венецианското стъкло не спира да намалява по целия свят: нещата с авторската марка Murano не само не излизат от мода, но и всяка година се ценят все повече, особено сред ценителите, посещаващи редовно представителни европейски аукциони.

През 1902 г. Емил Фурко разработва метод за машинно изтегляне на стъкло. Стъклото се изтегля от пещта за топене на стъкло под формата на непрекъсната лента през валцовани ролки, влиза в охладителната шахта, където се нарязва на отделни листове. През 1959 г. Pilkington разработва различен метод за производство на стъкло, така нареченият флоат метод. При този процес стъклото тече от пещта за топене в хоризонтална равнина, под формата на плоска лента, през баня от разтопен калай за по-нататъшно охлаждане и отгряване.

Този метод има редица предимства. Стъклото няма оптични дефекти, има стабилна дебелина и висококачествена повърхност, която не изисква допълнително полиране.

През XXI век производството на стъклени предмети - от съдове до огледала - се извършва по същите три основни метода: издухване, леене и пресоване.

2. Състав, свойства и видове стъкла

2.1. Състав на стъклата за приложение в архитектурата.

Стъклото е аморфно тяло. Аморфните тела се характеризират с безпорядъчна структура, за разлика от кристалните тела, които притежават строго определена кристална структура. Друга основна разлика между стъкловидните вещества и кристалните е, че стъклата се топят не при точно определена температура, а в определен температурен интервал, за разлика от кристалните вещества, които се характеризират с точно определена температура на топене.

Химическият състав на стъклото е следният: приблизително 70% от стъклото се състои от силициев диоксид (силициев диоксид - кварцов пясък), 12-16% от сода, 5-12% от варовик и доломит, а в останалите малки проценти има някои други компоненти. В зависимост от преобладаването на определени компоненти се разграничават две групи стъкло: натриево-калциево-силикатно стъкло (основните компоненти са силициев диоксид, натриев и калциев оксид) и боросиликатно стъкло (съдържащо бор като характерен компонент).

В допълнение към стъклото могат да се добавят определени химикали, за да оцветят стъклото в желания цвят или да променят други свойства на стъклото.

Например, комбинация от изключително чисти суровини с минимална добавка на железни, титанови и хромови оксиди прави възможно създаването на стъкло, което има способността да пропуска ултравиолетови лъчи (често се използва за остъкляване на болници, детски заведения, оранжерии) - "кварцово", "увиолово" стъкло. А известното така наречено "оловно" стъкло, което се полира внимателно при производството на купи или вази, дължи своя блясък на наличието на около 18% олово в него. [10-14]

Между другото, кристалът - вид стъкло - дълго време дължеше своя блясък на оловни примеси. Кристалът "Classic" се състои от 23% оловен оксид, който придава на кристалния сервиз характерния блясък, игра на светлина и звук. Експертите обаче обръщат внимание на факта, че оловото, като инертен

елемент, се изпарява с времето. Това, първо, не е безопасно за здравето, и второ, кристалните съдове за хранене с изчезването на оловото от състава му потъмняват и избледняват.

Имайки предвид тези недостатъци на оловото, днес производителите на кристали усвояват нови технологии и се опитват да заменят оловото с други елементи. Например, чешките специалисти са разработили уникален секрет за производство на изделия от кристално стъкло, който включва добавяне на метали от платиновата група и малко количество калий и натрий към стъклената стопилка (за да стане материалът по-пластичен). Благодарение на това кристалните продукти придобиват необходимата здравина и пластичност.

Освен това продуктът трябва да има добра дисперсия, тъй като именно дисперсията - пречупването на слънчевия лъч през дебелината на стъклото и разлагането му в цветовете на дъгата - е единственият физически показател, който отличава обикновеното стъкло от кристала.

2.2. Видове архитектурни стъкла.

Нарастващият интерес и растящото търсене на висококачествено стъкло е световна тенденция. Не е изненадващо, че през последните години в стъктарската индустрия традиционното строително стъкло постепенно отстъпи място на нови, модерни видове. Например в края на 20 век започва производството на прозоречни стъкла с енергийно ефективни и престижни „умни“ покрития, които имат уникални оптични и топлинни свойства. [10-14]

В допълнение, съвременната индустрия произвежда много други видове стъкло, всеки от които има определени свойства. Например стъклото може да се класифицира и според степента на прозрачност: има прозрачно, прозрачно безцветно стъкло, свръхпрозрачно, стъкло с намалено съдържание на желязо, цветно, отразяващо, с метализирано отразяващо покритие от едната страна, огледало със силно отразяващо покритие от едната страна, както и стъкло за витражи, което се оцветяват чрез добавяне на различни вещества при подготовката на стъклото.

Могат да се разграничат няколко групи стъкла в зависимост от тяхната устойчивост на един или друг вид въздействие.

В допълнение към обикновеното листово стъкло има стъкло с по-високо качество, химически и термично по-стабилно. Днес в света вече са известни 35 вида стъкло и всяка година се появяват все по-издръжливи.

Има дори стъкло, което е подходящо за подови настилки, да не говорим за бронирано стъкло и стъкло, което може да издържи на екстремни температурни промени. **Високоякостното удароустойчиво стъкло**, произведено на висококачествено оборудване в съответствие с модерни технологии и с материали от известни производители, може да гарантира безопасността и комфорта на хората, където и да е монтирано такова стъкло. Бронеустойчивите стъкла могат да имат различна степен на защита.

Стъклото може също да бъде **огнеустойчиво** (не се чупи лесно при нагряване), **термоустойчиво** (способно да издържи на силен термичен удар), неутрално (висока химическа устойчивост). В допълнение, стъклото може да бъде безцветно или цветно, непрозрачно или полупрозрачно, енергоспестяващо, слънцезащитно, ламинирано, подсилено, шарено

Енергоспестяващите стъкла имат така наречените нискоемисионни оптични покрития, които позволяват на късовълновата слънчева радиация да премине в помещението, но не позволява на дълговълновата топлинна радиация да излезе от помещението, например от нагревател. Стъклата от този тип се наричат нискоемисионни или селективни и обикновено се монтират в отвори за прозорци за топлоизолация през студения сезон. Тези стъкла се използват като правило в прозорци с двоен стъклопакет, чиито топлоспестяващи свойства до голяма степен се определят от параметрите на покритието върху стъклото.

Ламинираното стъкло се нарича архитектурно стъкло ("триплекс"), което се използва за остъкляване на фасади, балкони, прозорци. Такова стъкло се състои от две или повече стъкла, свързани заедно с помощта на ламиниращо фолио или специална ламинираща течност. Ламинирането намалява риска от летящи фрагменти, които в този случай остават залепени за фолиото, или падане на стъкло, защото дори и да се счупи стъклото, то остава в рамката. Ламинираното стъкло допринася за защитата на помещението от вредното въздействие на ултравиолетовите лъчи, предпазва мебелите и тапетите от избледняване. Ламинираното ламинирано стъкло може значително да намали

въздействието на нежелания шум, а различните видове ламиниращи фолиа могат да осигурят почти всяко тониране на стъкло.

Между другото, така нареченото **закалено стъкло** може да се използва и за ламиниране. Стъклата от този тип се характеризират с повишена устойчивост на удари и температурни промени. При счупване закаленото стъкло се разпада на малки, безвредни парчета. Все пак трябва да се отбележи, че закаленото стъкло не може да се обработва машинно.

Стъклата за слънчев контрол имат способността да намаляват пропускането на светлина и слънчева топлинна енергия. Според механизма на действие слънцезащитните стъкла могат да бъдат разделени на предимно отразяващи лъчението и предимно абсорбиращи лъчение. Върху повърхността на стъклата, които основно отразяват радиацията, по време на производствения процес се нанася тънък метален слой, който предотвратява проникването на радиация през стъклото. Трябва да се отбележи, че отразяващите слоеве едновременно частично абсорбират радиацията.

Има и напълно рефлекторни прозрачни стъкла с добри топлоизолационни свойства, някои видове стъкла с покритие, както и цветни стъкла в цялото тяло, които могат да се използват и за защита от парещите лъчи на слънцето и за декоративни цели. Чрез директно внасяне на багрила в стъклената маса по време на производството е възможно да се получи цветно, прозрачно стъкло, което имитира естествен камък - мрамор, оникс, опал. За получаване на желания цвят на телесно боядисаното стъкло се използват различни вещества - сиво, зелено, бронзово, кафяво. Такова стъкло абсорбира повече слънчева топлинна енергия и светлина от обикновеното прозрачно стъкло. Все пак трябва да се отбележи, че европейската мода за **тонирани стъкла** в отвора на прозореца постепенно изчезва: първо, поради прекомерното нагряване на тонираните стъкла от слънчевите лъчи, и второ, поради факта, че спектралният състав на осветлението, което е много различен от естествения, влияе неблагоприятно върху благосъстоянието на хората: усещането за време се губи, зрението се влошава.

Wired glass е листово стъкло с метална мрежа, безопасно и пожароустойчиво. **Армираното стъкло** се създава по специална технология (метод на леене, а експандирано стъкло се отлива от двете страни на

заварената армировка в непрекъснат процес на валцуване). Това придава на стъклото уникални свойства: то не само образува ефективна бариера срещу дим и горещи газове в случай на пожар, но също така, за разлика от други видове конвенционални огнеупорни стъкла, предотвратява разпространението на огън дори когато е счупено, тъй като стъклените фрагменти се задържат на място, когато се образуват няколко счупвания.

Шарено стъкло. Повърхността на стъклото, като правило, се подлага на специална, декоративна обработка, с помощта на която върху нея се създават различни шарки. Шареното стъкло може да бъде многоцветно, с различна светлопропускливост и дебелина (4-6 мм). Шареното стъкло може да бъде закалено и ламинирано.

Шареното стъкло може да се валцува (така нареченият модел, получен чрез валцуване на лист през ролки), както и да има релефен модел под формата на малки фасетирани призми или лещи. Последният има най-добри качества за разпръскване на светлина, добре предпазва стаята от пряка слънчева светлина и, разпръсквайки ги, създава равномерно меко осветление в нея.

Има и други видове, като полирано стъкло, което се произвежда от висококачествени суровини чрез леене и валцуване, след което се отгрява в пещ, след което се шлифова и полира от двете страни на листа. В допълнение, сталинитът заслужава внимание от модерното стъкло - висококачествено, валцувано, полирано стъкло с повишена якост, от което могат да бъдат направени дори твърди прегради или панели на вратите без дървени или метални обшивки, укрепващи фитинги директно върху стъклото.

Друг прекрасен, модерен материал е така наречената **стъклена стомана**. Този материал е разработен в лабораторията за анизотропни структури на Руската академия на науките от материали от стъкленни влакна. Стъклената стомана е по-здрава от обикновената стомана, 5 пъти по-лека и почти 10 пъти по-лека от стоманобетон.

Цветни стъкла

Свойството на стъклото да може да бъде оцветявано в най-разнообразни и красиви тонове е намерило широко приложение от най-старо време, особено в производството на домакински изделия. Всички запазени от тогава стъкленни

изделия са оцветени от случайни примеси в суровите материали или чрез нарочно прибавени оцветители. В сегашно време като най-ценни и най-добре изразяващи природата на стъклото се смятат изделията, изготвени от безцветно стъкло, обаче това не е ограничило производството и на най-разнообразни цветни стъкла. Дори нещо повече с развитието на химичната промишленост, която произвежда все по-нови и на все по-достъпни цени оцветяващи стъклото вещества, производството на цветни стъкла все повече се разширява и разнообразява. [10-14]

Състави за безцветно стъкло могат да послужат за получаването и на цветни стъкла, като към изходната шихта се прибави съответен оцветител. Тонът, а също и качеството на оцветяването зависят до голяма степен от основният състав на стъклото. Трябва да се изтъкне още и влиянието на примеси в суровите материали върху качеството на оцветяването. Например съдържанието на желязо в стъклото може да попречи за получаването на чисти, ефектни тонове почти в същата степен, както и при производството на безцветни кристални стъкла. Върху цвета влияят също и печната атмосфера, температурата и концентрацията на оцветителя. В някои случаи оцветителят се въвежда в значително количество или за постигането на желания тон към основният състав на стъклото трябва да се прибавят допълнителни компоненти (например при рубинови стъкла), което може съществено да промени някои от свойствата на стъклото, особено коефициента на термично разширение. Това трябва да се има предвид при често практикуваното комбиниране на разноцветни стъкла при формуването на стъклените изделия.

Виолетови стъкла.

При оцветяването с манганов двуоксид съставът на стъклото оказва макар и неголямо влияние върху оттенъка на цвета: красив синьовиолетов цвят се получава само в оловни и калиеви стъкла, докато натриево-калциевите стъкла се оцветяват в червеникав тон. Съдържанието на железен оксид придава също червеникавокафяв тон, затова, ако се желае чист виолетов цвят, суровите материали, а също и пиролузитът трябва да съдържат по възможност нисък процент желязо. Често се прибавят малки количества кобалтов оксид. При топене на манганово стъкло в пещта трябва да се поддържа окислителна атмосфера и възможно ниска температура, а към шихтата се прибавя селитра,

особено при ниско съдържание на манган,и в оловни стъкла (10-13 кг калиева селитра). Арсеник и сулфат трябва да се избягват поради редуционното им действие.

По-устойчив виолетов цвят се получава с никелов оксид, но само в калиеви стъкла. Особено красив синьовиолетов цвят придава на стъклото неодимов оксид, който може да се въведе например като нитрат.

Сини стъкла.

При тяхното получаване не се срещат особени технологични трудности. При оцветяване с меден оксид трябва да се провежда окислително топене, докато кобалтовото синьо се влияе твърде малко от режима в пещта. Чрез смесване на кобалтов и меден оксид и вариране на основния състав на стъклото може да се получи голямо разнообразие на тоновете от чисто синьо до синьозелено и зелено При оцветяване с меден окис се предпочитат оловни стъкла.

Зелени стъкла.

Типични оцветители за получаване на зелено стъкло са съединенията на хрома. Железен оксид, който дава тъй нареченото бутилково зелено, не се употребява в производството на домакински изделия. С уранови съединения се получава флуоресциращ цвят, който еднакво може да бъде отнесен както към зелените, тъй и към жълтите стъкла.

Известна трудност при получаването на зелени стъкла представлява ограничената разтворимост на хромовия оксид. Хромовите стъкла трябва да се топят при възможно по висока температура. При редуционни условия или в присъствието на по-голямо количество арсеник голямата част от хрома преминава в тривалентна форма и се получава зелен цвят с жълтеникъв оттенък. При окислителни условия се проявява жълтият цвят на хромния йон. За да се получи чисто зелен наситен цвят се препоръчва прибавянето на меден оксид и топене в окислителни условия. За получаване на по-тъмни, убити цветове се използват обикновено смеси на меден оксид, железен оксид и манганов двуоксид, например за тъй нареченото антично зелено 0,35 кг меден оксид, 0,6 кг двужелезен триоксид и 3 кг манганов двуоксид на 100 кг пясък в натриево-калциево стъкло.

Красив жълтозелен цвят със специфичен оттенък се получава с празеодимов оксид, внесен например като нитрат.

Жълти стъкла.

Жълто оцветяване на стъклото в най-разнообразни тонове (от бледожълто до оранжево и кафяво) може да се получи чрез внасяне в шихтата на различни оцветители. Обаче почти във всички случаи при топенето на жълти стъкла се срещат редица трудности: непостоянство на цвета (при различни стопилки), кипене на стъкломасата, непълно избистряне, поява на вторични мехурчета при охлаждането и изработването на стъклото.

Широко разпространено е и хубави жълти тонове дава оцветяването със съдържащи въглерод вещества (кокс, дървени въглища, брашно, дървени стърготини и др.). По-рано се е приемало, че жълтият цвят се дължи на разтворен в стъклото въглерод. Макар, че някои автори твърдят, че им се е удало да получат жълти стъкла само с въглерод от свободни от сяра и серни съединения материали, изглежда доказано, че оцветяването се дължи на метални сулфиди, предимно железен сулфид, който се получава от взаимодействието на винаги съдържащия се в изходните материали железен оксид със сулфат, който също се съдържа в материалите или се прибавя нарочно. Ролята на въглерода се свежда при това само до неговото редукиращо действие. Чисти жълти тонове се получават, ако съдържанието на желязо не надвишава 0,1 %, в противен случай се получават некрасиви кафяви оттенъци. Известни са и опити за жълто оцветяване на стъклото, като се излиза от феросулфат и някой метален редукиращ, например алуминиев прах без участието на въглерод. Въпреки окислителна атмосфера в пещта образуваният железен сулфид е устойчив и придава на стъклото жълтозелен до хубав кафяв цвят, пригоден за медицински стъкла, бутилки и др. Кафяво оцветяване се получава също и с графит. На сулфидно оцветяване се поддават калциеви стъкла с високо съдържание на алкални окиси. При твърди (в смисъл на трудно топими стъкла) сулфидът изгаря. При сулфидно оцветяване стъкломасата силно се пени и не се подлага на продухване. За улеснение на дегазирането и намаление на кипенето се прибавят 2-3 кг готварска сол на 100 кг пясък. В пещта се поддържа слабо редукираща атмосфера и възможно ниска

температура. Ниска температура се изисква и при изработване на стъклото. Охлаждането до работната температура трябва да става бавно, за да се избягват резки преходи от едно равновесно състояние в друго и появата на вторични газови мехурчета.

Жълто оцветяване се получава и със сребърни съединения, предимно сребърен нитрат, който се разтваря във вода и разтворът се смесва с част от пясъка. При топенето се срещат затруднения (отделяне на метално сребро) и сребърното оцветяване няма широко разпространение. Прилага се с предимство в оловни стъкла. Топенето се провежда при висока температура, окислителни условия, с неколккратно продухване. Цветът се проявява при формуването и темперирването на изделията. По-сполучлив тон се получава, ако стъклото се фритова във вода и след това наново се стопи.

Антимонов рубин

Напоследък се въвежда рубиново стъкло, оцветено с антимонов триоксид в присъствието на въглерод като редутор. Антимоновият рубин се получава от шихта за обикновено натриево-калциево стъкло. В зависимост от условията на топенето (атмосфера в пещта) към шихтата се прибавят 1,5 - 3 % антимонов триоксид и 0,5-2% въглерод. Режимът на топене не се отличава от топенето на обикновените промишлени стъкла.

Черни стъкла

Черното стъкло се получава чрез висока концентрация най-често на манганов диоксид (около 10 кг/100кг) евентуално с прибавката на кобалтов оксид. В тънък слой такова стъкло естествено пропуска светлината с виолетов цвят.

По-голям интерес представлява тъй нареченото опушено стъкло, което се получава чрез въвеждане главно на никелов оксид и други взаимно неутрализиращи се оксиди като манганов, железен, хромов, кобалтов. Напълно неутрален, сив тон не е естетичен, затова на опушеното стъкло се придава някакъв нюанс - от зеленикав до виолетов. Обаче постигането на определен и постоянен тон е твърде трудно поради разнообразното влияние на състава на стъклото, температурата и пушната атмосфера върху различните оксиди, влизащи като оцветители.

Млечни и опалови стъкла

Тези стъкла имат свойството да разсейват светлината, затова най-точното общо название на тази група изделия би трябвало да бъде светлоразсейващи стъкла. Те се получават чрез въвеждане в стъклото на вещества, които имат ограничена разтворимост в него, при охлаждането частично кристализират и създават химическа и оптична нееднородност (отделя се твърда фаза с различен показател на пречупване). Вследствие на това стъклото изглежда бяло, мътно. Според степента на замътняването и външният вид на стъклото може да се говори за различни видове светлоразсейващи стъкла: опалесцентни, опалови, млечни, алабастрови. Според коефициента на общата светлопрозрачност (пропуснатата разсеяна и неразсеяна светлина) някои подразделят замътнените стъкла на две главни групи: млечни и опалови. Млечните стъкла имат коефициент на светлопрозрачност не по-малък от 0.5, коефициент на отразяване не по-голям от 0.4 и коефициент на абсорбция не повече от 0.1. [10-14]

Видове архитектурни стъкла от фабрика за стъкло Ламбертс създадена през от 1906 г.

Издуханото листово стъкло има много специален привкус, оригинален блясък, специална структура и прозрачност, луминисцентни цветове, накратко своята собствена индивидуалност. Може да се произвежда само по традиционния метод на производство на стъкло. Ние се придържаме към тази зряла и доказана традиция. Някои неща просто са толкова добри, че всяка промяна би ограбила душата им. Кварцов пясък, сода и вар се смесват, за да образуват основната смес /фиг.1/. Съотношението на трите компонента варира в зависимост от вида стъкло. Тази смес се поставя в пещта и се топи при 1450°C в продължение на 14 часа и се подготвя за най-важната стъпка на обработка, издуването на стъкло. Така нареченият стартер довежда течното стъкло до тръбата чрез завъртане на тръбата на стъкларя в пещта. В различни дървени форми стъклото получава правилната форма чрез завъртане и издуване едновременно.



Фиг.1. Суровини за стъкло.

Майсторът стъklar издухва балончето до крайната му форма и му придава точната форма и структура /Фиг.2/.



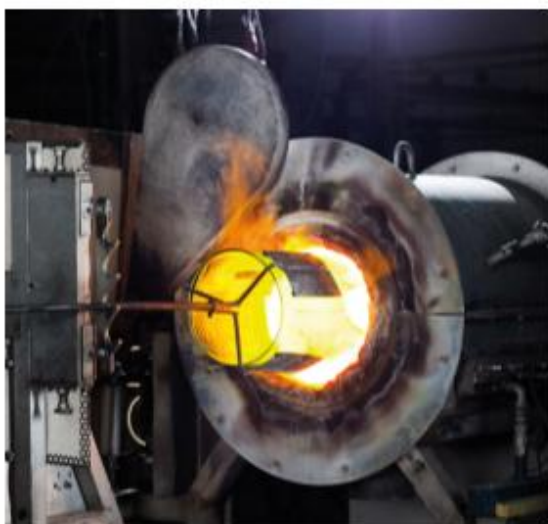
Фиг.2. Устно формуване на стъклен предмет.

След това светещият стъклен балон се отваря в двата края и се разширява, образувайки цилиндър /фиг.3./



Фиг.3. Дооформяне на стъкления балон.

След охлаждане цилиндърът се разрязва надлъжно и след това се нагрива отново, отваря се и се отпуска в допълнителен етап на обработка. Вълнообразният лист се сплесква със специално парче дърво.



Фиг. 4. Получаване на стъклен лист.

БЛЕСТЯЩО СЪГКЛО

Този тип специално произведено издухано от устата листово стъкло получава оттенък не просто чрез добавяне на цвят към партидата. Тяхното оцветяване се създава чрез техниката на светкавицата: прозрачното или тонирано носещо стъкло се покрива с един или два слоя цветно стъкло, като по този начин се отварят почти неограничени възможности за вариации. Следователно могат да се получат многоцветни „светкавици“, дори извивки и леки засенчвания, както и мътни „скъсани“ отворени стъкла. Белите млечни стъкла с непрозрачно или опалово качество, които позволяват на светлината да блести, но не позволяват на любопитните очи да нахлуят в личното пространство на хората, предлагат още една широка област на приложение. Като разтопено събиране, веществото, което по-късно ще бъде наречено „флаш“, първо се довежда до вентилационната тръба. Тук формата играе важна роля за появата на светкавицата. Кръгъл балон След завършване на стъкления цилиндър, останалите етапи на производство са идентични с тези на прозрачните и цветните стъкла. Този тип специално произведено издухано в устата листово стъкло получава оттенък не просто чрез добавяне на цвят към партидата. Тяхното оцветяване се създава чрез техниката на светкавицата: прозрачното или тонирано носещо стъкло се покрива с един или два слоя цветно стъкло, като по този начин се отварят почти неограничени възможности за вариации.

По време на процеса на издухване външният вид на светкавицата се поддържа под контрол. Процесът на оформяне и оцветяване на светкавицата изисква умишлен контрол, опит и майсторство от страна на духач на стъкло /фиг.5/. Стъклата Flashed се различават значително по форма и цвят и се предлагат в почти неограничено разнообразие от стилове. Благодарение на специалния процес на отгряване, Lamberts Flashed-Glasses се режат лесно и обработени. тяхната класификация варира от еднообразна светкавица с минимално засенчване, мътно засенчени и разкъсани светкавици до многоцветни млечни стъкла и специална колекция от райета Streaky- Glasses. /Фиг.6/

Тези стъкла се използват винаги, когато трябва да се реализират брилянтни цветови дизайни и градиенти. Те се състоят от 2 или повече слоя различни по цвят стъкла. Точно оцветяване и контури могат да бъдат създадени чрез допълнителна обработка като гравирание или киселинно ецване.



Фиг.5. Блестящо стъкло.

Цвет в движение: „Sail“ от @mahbuba.maqsoodi



Фиг.6. Издухано стъкло за мюнхенския проект от Mahbuba Maqsoodi!

Стенната инсталация, изградена от светлина и цвят, увлича зрителя със себе си в нейната динамика и в същото времеви кани към тихо съзерцание върху фундаментални въпроси за вашето собствено същество и света.

Празна стая в наскоро реновираната офис сграда Missio Munichhen вдъхнови Махбуба Максуди да създаде своя работа, озаглавена „Sail“.

Художникът с афганистански корени и много наситена житейска история създаде постоянна стенна инсталация, изработена от стъкло, която сега приветства посетителите на Missio в центъра на Мюнхен.

Студио: Derix Glasstudios, Taunusstein

Снимка: @barbaradonaubauer © Atelier Maqsoodi

ДИЗАЙН НА СЪКЛО В АРХИТЕКТУРАТА УНИКАЛНОСТ И ЕЛЕГАНТНОСТ

Дизайнът на стъклото може да бъде както функционален, така и декоративен, карайки пространството да блести. За много архитекти, дизайнери и строители дизайнът на стъкло е важен аспект от цялостния проект. Това е така, защото стъклото не само позволява уникален пространствен ефект, но и прави пространството по-светло, по-блестящо и по-привлекателно. Има различни видове стъкла, които можете да използвате.

Прозрачното стъкло използва различни текстури, за да създаде въздействие и да подобри стаята.

Това са примери за различни ясни текстури:



Фиг.7. Класически текстури

Цветното плоско стъкло има голям ефект върху дизайна и атмосферата на стаята. Може да ви помогне да увеличите визуално стаята и да ѝ придадете специално настроение.

В зависимост от цвета на стъклото може да има различни ефекти:

- Светлите цветове като бяло или синьо могат да направят стаята да изглежда по-светла и по-приветлива, разпространявайки светла атмосфера.
- Тъмните цветове като черно или кафяво могат да помогнат на помещението да изглежда по-топло и уютно, създавайки интимна атмосфера.
- Наситените цветове като червено или зелено могат да помогнат на стаята да изглежда по-жизнена и енергична, разпространявайки вълнуваща атмосфера.

Важно е да се отбележи, че цветното плоско стъкло също може да повлияе на това как светлината влиза в стаята. Светлите цветове отразяват повече светлината и могат да направят стаята по-светла, докато тъмните цветове абсорбират светлината и правят стаята да се чувства по-тъмна.

Лятото стъкло е специално стъкло, произведено от топене на силициев пясък, калцинирана сода и вар и след това го изсипете във форма, за да направите в различни форми и размери. То може да се използва в интериорния дизайн и архитектура за създаване на разнообразие от ефекти. Нашето ръчно лято стъкло може да бъде направено в а голямо разнообразие от форми и цветове. По този начин, осигурява уникална архитектура дизайн като произведен по поръчка елемент на дизайна. Лято стъкло също може да бъде използвани в различни приложения, като напр стълбищни парпети, врати или стенни облицовки към съчетават функционалност и естетика.

РЪЧНО ЛЯТИ СЪКЛЕНИ ПЛОЧИ - DALLE DE VERRE

Стъклата Dalle се създават индивидуално чрез процедура на ръчно отливане. Повърхността им е гладка с редки отворени мехурчета или ивици. Плочите са със стандартен размер 20x30см. и са на припл. 24 мм дебелина. Поради ръчното отливане дебелината може да варира до известна степен.

Стъклените плочи (Dallen, Dalle de verre) се разтопяват в различни цветове от партида стъкло и се изливат ръчно в стоманени форми. В момента, в който разтопеното стъкло бъде извадено от пещта, то се излива в железни форми, поставени върху дебели графитни плочи. След кратък период на охлаждане парчетата се отвеждат в пещ за отгряване, където бавно губят напрежението си./ Фиг.8/



Фиг.8. Ръчно ляти стъклені плочи.

Традиционно стъклените плочи се използват за така нареченото бетонно остъкляване. Стъклата Dalle de verre се обработват (пилят, къртят или режат с водна струя) по такъв начин, че да се създадат желаните дизайнерски части. Тези части са подредени на маса, за да образуват дизайн. Празнините се запълват със специален хоросан за механична стабилизация. След като хоросанът се втвърди, получените елементи се вкарват в отворите на прозорците. Тази техника е използвана за първи път в края на 20-те години на миналия век. Разцветът на тази техника е през шейсетте и седемдесетте години на миналия век. В момента се появяват напълно нови области на приложение на лятото стъкло. Сега се използва в класическата архитектура, интериорен дизайн и дизайн на осветление. Dalle-Glasses се вграждат в произведени бетонни елементи, стоманени и дървени рамки /Фиг.9/.



Фиг.9 Витражи от църквата Skjold, Берген | Норвегия.

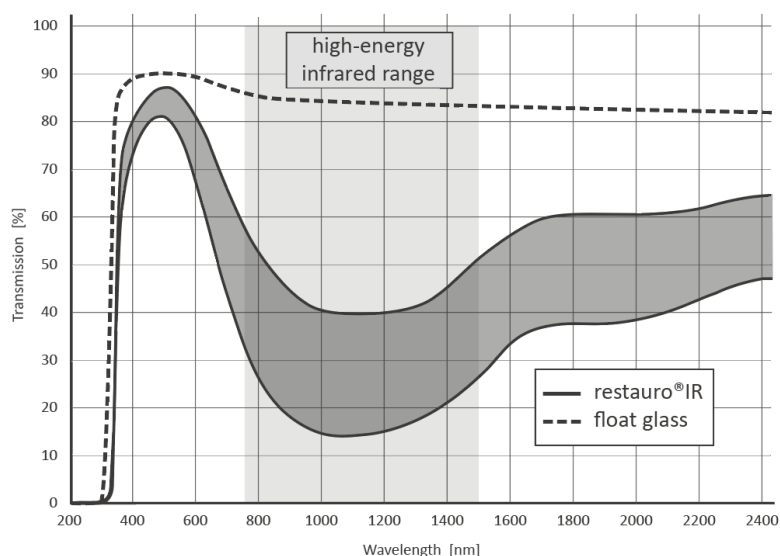
RESTAURO® IR

Издухано защитно стъкло от фабрика Ламберт срещу инфрачервено лъчение със защитен ефект, интегриран в самата структура на стъклото. Следователно той се справя без никакво покритие или външно нанесени фолиа.

В спектралния диапазон от 780-1500 nm намалява ефективно термичното натоварване върху чувствителните повърхности на ценни художествени и културни активи. Историческите предмети, мебелите или обзавеждането на помещенията, ако бъдат ударени от дневна светлина, неизбежно са изложени на топлинното въздействие на инфрачервеното лъчение. Последствията са непоправими материални щети под формата на ускорено разрушаване и

изсъхване. Равномерната промяна на температурата провокира едновременно разширяване и свиване на повърхността и по този начин напрежение, пукнатини и лющене на слоеве боя. Навлизането на радиация в помещенията става особено през отворите на прозорците. Обикновеното стъкло не може да осигури никаква защита.

Схематично представяне на пропускливостта на светлината на restauro®IR в сравнение с промишлено произведено флоат стъкло без IR-защита. Сивата зона между двете графики описва обхвата на толерантност на пропускането на светлина на по-тънки и по-дебели проби от стъкло /Фиг10./.



Фиг. 10. Схематично представяне на пропускливостта на светлината на restauro®IR в сравнение с промишлено произведено флоат стъкло без IR-защита.

Restauro®IR намалява преминаването на инфрачервеното лъчение с до 80%. С увеличаване на дебелината на стъклото се увеличава и ефектът на IR-защита.

1.3 Техники за художествена обработка и декориране на стъкло

Стъкларите разграничават три технологии за обработка на стъкло: „горещо“, „топло“ и „студено“. Разликата е в температурата, при която се извършва обработката. Така че, в първия случай, с "горещ" метод, стъклото се обработва в пещи при температури над 1100°C, "топло" стъкло се обработва при температура 600-900 ° C, а "студеният" метод включва обработка със стъкло при стайна температура.

Обработката на стъкло може да се извърши по няколко начина, както механични, така и химични: гравирание, пясък, ецване. Това може да бъде и фотографска обработка, лустриране или иридесценция, както и рисуване върху стъкло със специални моливи.

Витраж (фр. *vitre*- прозоречно стъкло, от лат. *витрум*- стъкло) - произведение на декоративното изкуство с изобразителен или орнаментален характер, изработено от цветно стъкло, предназначено за осветление и предназначено да запълни отвор, най-често прозорец, във всяка архитектурна структура. Витражите се използват в църквите от дълго време. В раннохристиянската църква прозорците са били изпълнени с тънки прозрачни каменни плочи (алабастр, селенит), които са съставлявали орнамента.

В романските църкви (Франция, Германия) се появиха витражи. Многоцветни, големи витражи, изработени от стъкло с различни форми, закрепени с оловни прегради, бяха характеристика на готическите катедрали. Най-често готическите витражи изобразяват религиозни и домашни сцени. Те бяха поставени в огромни ланцетни прозорци, така наречените "рози". В епохата на Ренесанса стъклописът съществува като рисуване върху стъкло, техниката на изстъргване се използва върху специално оцветено многоцветно стъкло. В Русия витражите са съществували още през 12 век, но те не са били характерен елемент от вътрешната украса на руските къщи.

Възраждане на стъклописа

През 1820-те години страстта в Русия към рицарските романи и имитацията на готическата средновековна архитектура в архитектурата формира модата за витражи в Русия. Тогава ги наричаха "прозрачни картини" (от френски transparent - прозрачен). В Русия нямаше практика да се правят многоцветни стъкла за прозорци. В Западна Европа по това време витражното изкуство е в зародиш след дълъг период на забрава, което води до загуба на много от тайните на занаята. Майстори на предприятия за придворно стъкло от различни страни на Европа работиха върху възстановяването на стари и търсенето на нови рецепти за боядисване на стъкло, разработване на композиции за рисуване и подобряване на техниката за свързване на чаши. По време на този „период на възстановяване“ Европа все още не можеше да доставя витражи на външния пазар. Следователно, за да украсят сградите на Русия, не произведенията на майстори от 19 век са донесени от чужбина, а древни

средновековни произведения. И така, в прозорците на сградата на Арсенала в Царское село, предназначена да съхранява колекцията от оръжия на император Николай I, бяха поставени витражи от 15-17 век, включително немски и швейцарски.

Прозрачното, плоско, прозоречно стъкло датира от началото на нашето летоброене, когато е изобретена стъклодувната тръба, наречена остроумно пипа /от англ. pipe-лула /. Методите на работа оттогава се използват някъде и до днес. Първият е двуфазов, при който стъklarят с набраната на повърхността разстопена стъклена маса е издухвал стъклена колба. Върху нея с постепенно “набиране” на стъкло и чрез издухване се е оформял стъклен цилиндър с открит отвор в края на пипата. След това този цилиндър се е отделял от пипата, разрязвал се е и подгривал до работна температура и на каменна плоча се е разглаждал с дърво до получаване на плоскост с неправилна форма.

Вторият метод датира от 14 век, когато започва производството на плоски стъкла от типа крон. Стъklarят е издухвал стъклена колба, на която докато стъклото е още топло втори стъklar е прилепвал към купола на колбата желязна пръчка. След това първият е отделял посредством отчупване колбата от пръчката. Голяма част от “прилепеното “ към желязната пръчка стъкло след отчупването е придобивало формата на корона, затова е започнало да се нарича крон /от англ. crown-корона/. След това стъklarят чрез допълнително подгриване и развъртвайки на желязната пръчка стъклената корона е получавал стъклен диск наподобяващ луната при пълнолуние. Оттук произхожда и второто название на това стъкло – “лунно”/ на немски Mondglas/. След темперирването и изстиването на стъклото този така наречен диск се е нарязвал на отделни сегменти, които са вграждани във витражите. Мястото в средата на диска, където е била прикрепена желязната пръчка, приличащо на пъпка е получило названието “волско око”. И то намира своята употреба. Изрязано под формата на неголям диск, то също е служило за остъкляване, поставено в оловни рамки. Оригинални прозорци съставени от такива дискове могат да се видят и до днес в средновековните замъци, предимно на територията на Германия, Холандия, Англия.

Чистотата на плоското стъкло зависи от степента на разстопяване в стъкленото ядро, откъдето произтича неравномерността на повърхността, която не е била достатъчно добра, изпълнена с “дефекти”. Средновековните стъкларски пещи били примитивни, стъклото имало зеленикав отенък /горско стъкло/, с много примеси и нехомогенни частици. Но тези примеси и “недостатъци” в плоското прозоречно стъкло са подпомагали неговите художествени достойнства, които съвременните технологии и до днес подражават. Тези средновековни “дефекти”/мехурчета въздух вградени в стъклото/ дават названието на този тип стъкло “антично”. В Англия производството на “crown” се запазва до средата на 19 век, когато по това време качеството на стъкломасата се подобрява значително, което позволява да се увеличи и размера на стъкления цилиндър, а оттам и на самите пластини от него. Това до голяма степен допринася за развитието и разпространението на витража и производството му на манифактурен принцип. И до днес съществува ръчно издухано плоско стъкло, което се използва основно за изпълнението на витражи и лампи от типа “Тифани”. Разновидностите са стотици: от подобия на антични до пълноцветни и уникални по състав и текстура стъкла, от стъкла, подходящи за термична обработка в техниките на стапяне и затапяне, до малки предварително подготвени орнаменти и фасети за вграждане. Днес в XXI век производството на този тип стъкла се възражда и дообогатява, така както нараства популярността на витражите по света. Те се превръщат в достъпен и обогатяващ интериора лукс, допринасят за духа на пространството в което живеем- храм, в който зареждаме душите и сетивата си. Затова стъкленият витраж променя формата и функцията си, но завинаги ще остане одухотворен от същността на стъклото.

Цветните стъкла се използват във витражите от средновековието. Обикновено те се образуват от малки цветни парчета, свързани заедно с оловни ивици, представляващи иконография. Тези части могат да бъдат боядисани с гризайли, за да се създадат сенки или контури, или с емайли, за да се въведат цветове в различните стъклени фрагменти. [15]

Витражите обикновено са изложени на условия на околната среда (дъжд, вятър, замърсяване...), които предизвикват химическа промяна на външната страна на прозореца [16-18] . Наскоро термографски изследвания доказаха, че фрагментите също могат да претърпят бърза и интензивна промяна на

температурата поради въздействието на слънчевата светлина [4]. По време на мониторинга температурата на стъклената повърхност се повиши до 10°C за един час, което може да компрометира термичната стабилност на прозореца. Интересното е, че отоплението на витражите не е хомогенно; зависи от цвета, дебелината и наличието на рисунки върху всеки стъклен фрагмент. По-тъмните стъкла показват по-големи вариации от по-светлите фрагменти. Гризайлите и емайлите също могат да взаимодействат със слънчевата светлина, предизвиквайки периодично повишаване на температурата, което често е свързано с отлепване на повърхността [19-20].

Цветът на всеки фрагмент зависи пряко от хромофора. Тези елементи могат да бъдат йонни, молекулярни, колоидни или микрокристални видове. Най-често срещаните хромофори са катиони на преходните елементи ($Mn^{2+/3+}$, Co^{2+} , $Fe^{2+/3+}$ и др.). Тези йони взаимодействат със светлината чрез абсорбцията на фотони, което позволява да се насърчат техните валентни електрони от основното състояние в орбитала с по-висока енергия. Втората най-често срещана група се формира от атоми или молекули в колоидно състояние, които абсорбират и разпръскват светлината, като златни и медни рубинени стъкла. И накрая, по-рядко срещаната група хромофори се формира от големи съединения като частици Cu_2O или Cr_2O_3 [21, 22]. Всеки хромофор има специфичен спектър, който зависи от електромагнитната конфигурация на катионите и нивата на свободна енергия в незавършените d орбитали на техния електронен слой или от природата на колоидите/микрокристалите и тяхната концентрация в стъклото.

Освен това цветни емайли и гризайли могат да се използват за декориране на стъкло. Тези оловно-стъклени пигменти се разтопяват върху стъклото по време на производството им. Grisailles обикновено са кафеникави или черни пигменти, вместо емайли, които обикновено имат голяма палитра от цветове.

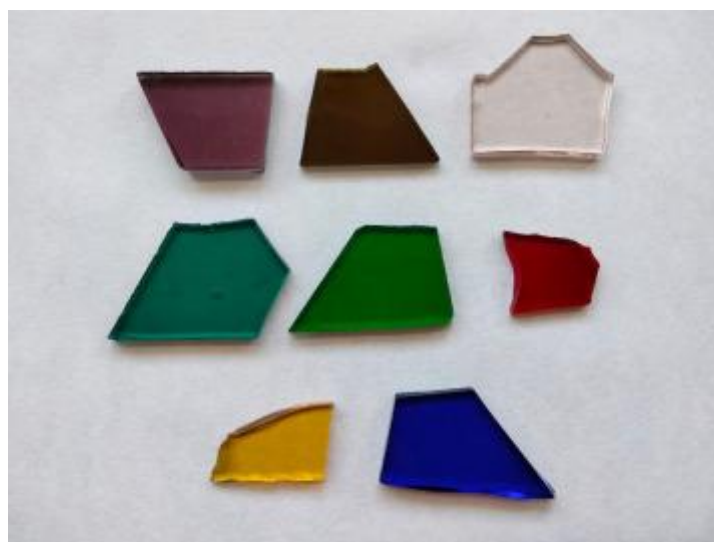
Тези повърхностни стъкловидни пигменти са особено чувствителни към термични вариации [21]. В резултат на това могат да се образуват микрофрактури в местата на двете стъкла, които могат да предизвикат тяхното отделяне. Това явление е особено силно изразено при синия и зеления емайл. Що се отнася до слънчевата светлина, тя се формира от енергия в ултравиолетовата, видимата и инфрачервената област, но нейният електромагнитен спектър е изключително променлив, тъй като UV радиацията може да бъде филтрирана от облачна покривка, замърсяване или въздушна

маса. Дори през зимата слънцето е по-ниско в небето и радиацията се филтрира през по-голяма въздушна маса, отколкото през лятото [23]. Следователно взаимодействието на слънчевата светлина със стъклените хромофори може да доведе до различни явления. Хромофорите взаимодействат с видимата светлина, произвеждайки цвета на стъклото; но те също могат да взаимодействат с ултравиолетовото (UV) и инфрачервеното (IR) лъчение, генерирайки нагряване или филтриране на светлина. За изследване на тези взаимодействия и следователно на термичното поведение на цветните стъкла, измерването на спектрите на абсорбция е интересен инструмент, тъй като позволява да се определи количеството светлина, абсорбирано във всяка област на електромагнитния спектър. Въпреки това е важно да се отбележи, че за да се изследва термичното нагряване на стъклата, е необходимо да се вземе предвид не само абсорбираната светлина, но и способността за разсейване на топлината, произведена от това абсорбиране, което е представено главно от топлопроводимостта. Топлинната проводимост почти не се влияе от фононното разсейване, което е отговорно за разпространението на топлината. Следователно по-голямото разсейване на фононите води до по-лошо разпространение на топлината, което намалява топлопроводимостта на материала. Фононното разсейване може да бъде причинено от различни ефекти, сред които неподредена структура, наличие на различни видове катиони, дефекти, други фонони или голям брой граници на зърната [13]. Въпреки това е важно да се отбележи, че механизмите на топлопроводимост на стъклата се различават по отношение на кристалния материал, поради неговата неподредена решетка, която произвежда анхармонични взаимодействия на решетката, които са отговорни за разпространението на фонони и силно зависят от геометрията на структурата. Поради това термичните механизми са по-сложни и трудни за разбиране, намирайки отделни поведения, като намаляване на топлопроводимостта при понижаване на температурата и по-ниски и разпръснати стойности на топлопроводимостта [23-26] .

Като се вземат предвид всички тези аспекти, целта на тази работа е да се характеризират физическите явления, възникващи, когато слънчевата светлина взаимодейства с цветните стъкла, в зависимост от хромофорните йони, за да се разбере различното нагряване и разграждането на стъклата. С тази цел е

извършено изчерпателно изследване на абсорбцията на светлина и топлопроводимостта във функцията на стъклените хромофори.

Цветните стъкла са закупени от LambertsGlas®. За да се идентифицират стъклените хромофори, стъклата са полирани като слайдове с дебелина 1 mm. За дилатометрията пробите бяха приготвени под формата на паралелепипеди. Фиг. 11 показва снимката на използваните дебели стъкла.



Фиг. 11. Снимка на дебелите цветни стъкла, закупени от LambertsGlas®.

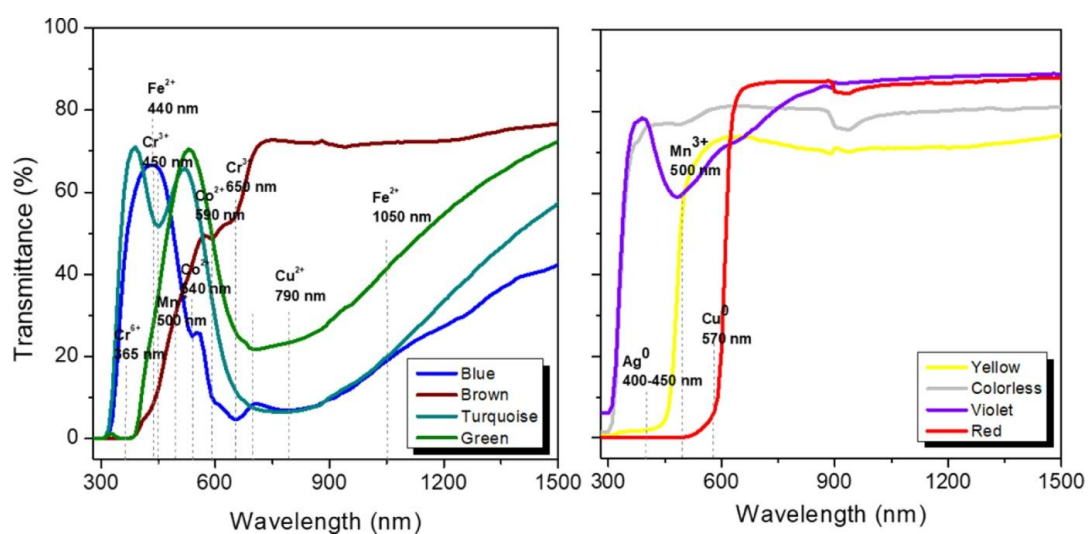
Термично поведение на стъклата

Слънчевият спектър е разделен на три диапазона с различен принос, 10% UV (200–400 nm) – 40% видими (400–700 nm) – 50% близки инфрачервени (NIR) (700–2500 nm), където UV е най-енергийният диапазон, а NIR е най-малкият. Следователно поглъщането на светлина в една или друга област ще доведе до различно нагряване на пробата, тоест UV поглъщането ще доведе до по-голямо нагряване от NIR поглъщането; но неговият принос към слънчевия спектър е много по-малък (само 10%). Поради тази причина е важно да се проучи абсорбционната способност на материалите във всеки регион, тъй като това ще повлияе на тяхното нагряване. Освен това, абсорбцията също зависи от дебелината на пробата, тъй като по-дебелите проби ще имат по-висока абсорбция. Следователно, за да се нормализира, коефициентът на поглъщане се изчислява съгласно закона на Lambert-Beer, $A = \alpha \cdot l$, където A е абсорбцията, α е коефициентът на абсорбция и l е дължината на измината светлина [30]. Химичният състав на стъклата е даден в таблица 1.

Таблица 1. Химичен състав на стъклат

	Химичен състав (тегл.%)							
	Безцветен	червен	Жълто	Зелено	Тюркоаз	Син	Лилаво	кафяво
Na ₂ O	15.5	12.1	16.0	14.6	14.6	15.0	15.3	14.4
MgO	0,2		1.5	0,3	0,8	0,2	0,2	0,3
Al ₂ O ₃	0,9	0,4	3.4	1.3	0,9	1.6	0,8	1.2
SiO ₂	72.5	70,0	69.9	70.5	70.5	70,0	68.7	66.6
P ₂ O ₅	0,1	0,1	0,1					
SO ₃	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1
K ₂ O	1.4	7.5	2.6	2.3	2.8	2.3	0.5	0,6
CaO	9.0	0,1	6.3	8.7	8.4	8.9	6.1	8.0
Cr ₂ O ₃				0,3	0,1			
MnO							0,7	4.9
Fe ₂ O ₃	0,2			0,1			0,1	3.7
CuO				0,4	1.1	1.8		0,2
ZnO		7.8						
K ₂ O ₃	0,1			0,2				
CdO		0,3	0,2					
BaO		0,8		0,6	0,6			
PbO							7.4	

Спектрите на пропускливост, представени на фигура 12, показват лентите на хромофорите във всяко стъкло. Безцветното стъкло няма ленти в този диапазон, вероятно поради обезцветяването на железните ленти, предизвикано от арсеновия оксид.

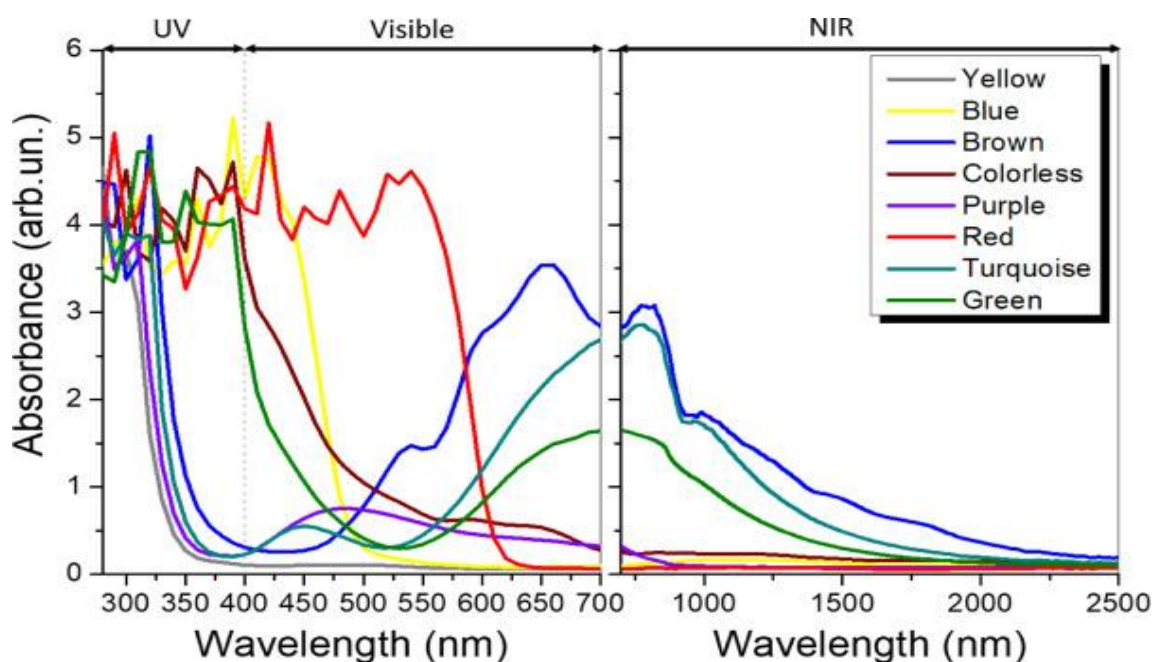


Фиг. 12 . Спектри на пропускливост на (а) кафяви и синкави стъкла и на (б) червени, жълти, виолетови и безцветни стъкла (тънки слайдове).

Сините, тюркоазените и зелените стъкла показват широката единична лента от мед при $\sim 223\text{C}790\text{ nm}$, която влиза в инфрачервената област. Синьото стъкло представя също трите ленти, характерни за кобалтовия йон [4,18,19], който е под границата на откриване на XRF . Со -йони имат висок моларен коефициент на екстинкция, оцветявайки стъклото със син оттенък, дори при ниска концентрация. Тюркоазното стъкло има широката лента на медта заедно с лента при 450 nm , което може да бъде свързано с прехода $A \rightarrow T (F)$ на Cr -йони в октаедрична симетрия [4 , 20]. Другите ленти, свързани с хрома, могат да се припокриват с широката лента на медта (фиг. 12). Спектърът на зеленото стъкло показва лентата от мед заедно с много интензивна лента при $\sim 223\text{C}370\text{ nm}$ и рамо при $420\text{--}440\text{ nm}$, което може да се припише на Fe -йони в тетраедрична координация. XRF анализът открива Cr O , но лентите на Cr -йони могат да бъдат припокривани с ивиците на абсорбция на желязо и мед (фиг. 12). По отношение на лилавото стъкло се наблюдава широка лента около 500 nm , дължаща се на Mn -йони в октаедрична координация [28,29]. Тази лента е открита и в кафявото стъкло, заедно с ивици от желязо, кобалт и мед. Припокриването на всички тези ленти доведе до много сложен спектър (фиг. 12). И накрая, червените и жълтите стъкла показват леко червено изместване ($400\text{--}450\text{ nm}$) (фиг. 12), което обикновено зависи от плазмонския резонанс на колоидите. Най-често срещаните рубинени стъкла са оцветените в злато, сребро или мед; те обаче не са открити от XRF (Таблица 11). Това може да се дължи на това, че не са били използвани за оцветяване на стъклото или защото съдържанието им е било под границата на откриване на XRF. Открит е кадмий и в двете стъкла (жълто и червено), което предполага използването му като хромофор. Колоидите на кадмиев селенид или сулфоселенид могат да произведат жълти и червени стъкла [10] . За да се получи интензивно рубинено оцветяване, се препоръчва да има > 18 тегл.% алкални оксиди и една трета от тях трябва да бъдат K O. Освен това ZnO подпомага стабилизирането на рубинения цвят [10]. Съставът на червеното стъкло отговаря на тези препоръки, доказвайки, че вероятно е оцветен от кадмий. В случай на жълто стъкло беше открито само малко съдържание на кадмий и може би може да бъде оцветено от същия хромофор, но с по-малки колоиди.

Фиг. 13 показва спектрите на абсорбция на всички стъкла в диапазона $280\text{--}2500\text{ nm}$. Както се вижда, всички проби имат голяма абсорбция в UV областта, което е характерно за стъклата. Във видимия диапазон най-голямата абсорбция

съответства на червеното, следвано от сините и кафявите стъкла. И накрая, сините, тюркоазените и зелените стъкла имат най-големите стойности на абсорбция в NIR областта, като останалите са практически прозрачни за инфрачервените лъчи. Безцветните и лилавите стъкла имат най-ниски стойности на абсорбция в целия спектър. Таблица 2 показва стойностите на коефициента на абсорбция във всяка област и в общия спектър за всяко стъкло, които съответстват на кривите на абсорбция. Както се вижда, синьото стъкло притежава най-голям общ коефициент на поглъщане, следвано от тюркоазените, червените и зелените стъкла, а безцветните и лилавите стъкла имат най-ниски стойности. Следователно, според тези резултати се очаква, че материалите с най-висок коефициент на абсорбция ще бъдат най-нагривани, тоест сини, тюркоазени, червени и зелени стъкла. Въпреки това, инфрачервеното е дължината на вълната, произвеждаща топлина, така че неговото поглъщане ще повлияе силно нагриването на материала. В съответствие с това червеното стъкло трябва да се нагрива по-ниско поради ниското си поглъщане в NIR. За да потвърди тази презумпция,



Фиг. 13. Абсорбционни спектри на цветни стъкла в UV-Vis-NIR области (дебели проби).

Таблица 2 . Стойности на коефициента на поглъщане и топлопроводимост на цветни стъкла

Цвят	Коефициент на поглъщане (cm^{-1})			
	Обща сума	UV	ВИС	NIR
Безцветен	0,05	0,46	0,03	0,02
Лилаво	0,05	0,36	0,12	0,02
Жълто	0,16	1,35	0,33	0,04
кафяво	0,23	1,82	0,46	0,08
Зелено	0,25	1,35	0,33	0,16
червен	0,27	1,73	1,10	0,03
Тюркоаз	0,29	0,60	0,35	0,26
Син	0,31	0,59	0,46	0,26

Както се вижда, скоростите на нагряване и охлаждане на стъклата съвпадат, което показва, че и двете явления се управляват от едни и същи термични механизми. Пробите с най-високи скорости на нагряване са кафяви, зелени, сини и тюркоазени стъкла, въпреки че кафявото се стабилизира преди това, постигайки по-ниска температура. От една страна, скоростите на нагряване и охлаждане се влияят от топлопроводимостта, която е способността на фононите (вibrации на решетката) да се разпространяват през материала. Следователно, по-висока топлопроводимост, по-висока скорост на нагряване. Както е показано в таблица 3 кафявите, зелените, сините и тюркоазените стъкла притежават най-висока топлопроводимост, което съответства на по-високите скорости на нагряване. Нагревателните механизми, които управляват очилата, се основават на взаимодействията между режимите на вибрация. В редовна периодична решетка режимите на вибрации са като равнинни вълни, които могат да се разпространяват неограничено в безкрайна среда. Въпреки това, в неподредена решетка, която произвежда анхармонични взаимодействия, има загуба на енергия към други видове вибрации и нормалните режими не са като равнинни вълни, а са сбор от няколко нормални режима с различни честоти, които променят пътя на свободния път на фонони. Въвеждането на някои катиони, като Fe или Cr може да модифицира този режим на вибрация, изкривявайки решетката, модифицирайки честотите и следователно средния свободен път на фононите, което ще доведе до промяна на топлопроводимостта [19]

Таблица 3 . Температурни градиенти на нагриващи криви, скорости на нагриване и охлаждане и топлопроводимост за цветни стъкла.

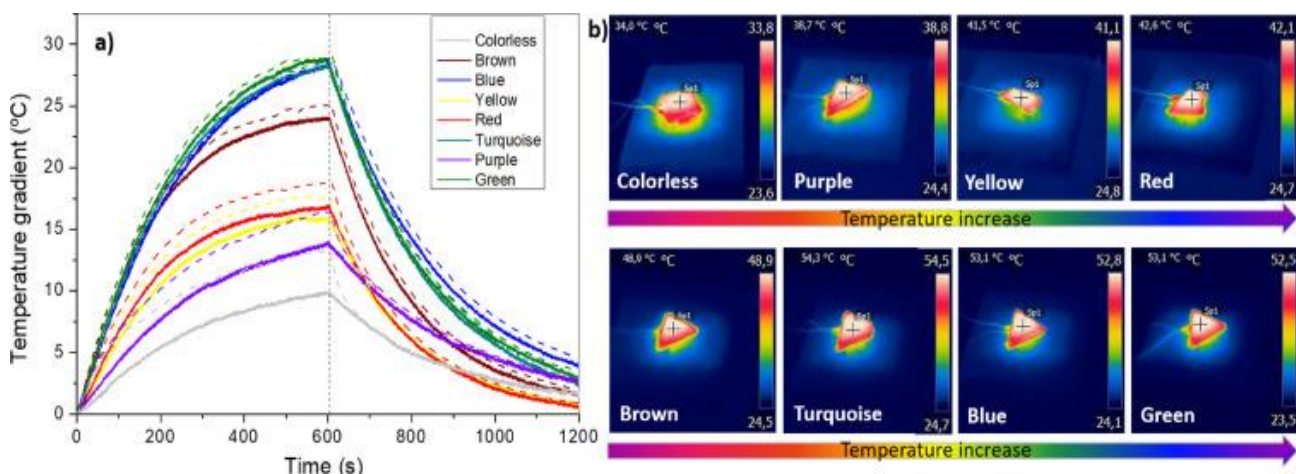
Цвят	Температурен градиент (°C)	Скорост на нагриване (°C/s)	Скорост на охлаждане (°C/s)	Топлопроводимост (W/mK)
Безцветен	9,9 ± 0,1	0,03 ± 0,01	-0,03 ± 0,01	0,65 ± 0,01
Лилаво	14,0 ± 0,1	0,04 ± 0,01	-0,04 ± 0,01	0,61 ± 0,01
Жълто	15,8 ± 0,1	0,06 ± 0,01	-0,06 ± 0,01	0,64 ± 0,01
червен	16,8 ± 0,1	0,07 ± 0,01	-0,07 ± 0,01	0,62 ± 0,01
кафяво	24,0 ± 0,1	0,09 ± 0,01	-0,10 ± 0,01	0,74 ± 0,01
Зелено	28,7 ± 0,1	0,10 ± 0,01	-0,10 ± 0,01	0,81 ± 0,01
Тюркоаз	28,3 ± 0,1	0,10 ± 0,01	-0,09 ± 0,01	0,71 ± 0,01
Син	28,4 ± 0,1	0,09 ± 0,01	-0,09 ± 0,01	0,88 ± 0,01

От друга страна, топлинното поведение също се влияе от абсорбцията на слънчевия спектър. Следователно различното поведение на кафявото стъкло по отношение на другите три проби се състои в това, че притежава по-ниска абсорбция, особено в NIR, постигайки по-ниски температури и стабилизирайки се преди това. Механизмът на нагриване е силно повлиян от наличието на многовалентни хромофорни йони. По-специално, йоните на желязото и хрома имат силни ивици на поглъщане във видимия и близкия инфрачервен диапазон. Освен това степента на окисление също влияе върху абсорбцията на стъклото, тъй като например Fe не абсорбира в NIR, но Fe го прави [30]. Нещо повече, други автори обясняват как увеличаването на кобалта, съдържащ се в стъклото, води до увеличаване на топлопроводимостта [31] . Следователно стъклата с тези хромофори ще имат по-висока топлопроводимост. Останалите стъкла имат топлопроводимост до две точки по-ниска и много сходни, което ги прави по-топлоизолиращи, което се отразява в по-ниска скорост на нагриване (Таблица 3). Този факт, заедно с по-ниската абсорбция, особено в NIR областта, кара тези стъкла да постигат по-ниски температури при по-ниски скорости на нагриване, както и бавно охлаждане. Тези разлики не само в степента на нагриване, но и в скоростите на нагриване и охлаждане, ще повлияят силно на топлинното въздействие върху стъклената структура, както ще видите по-долу.

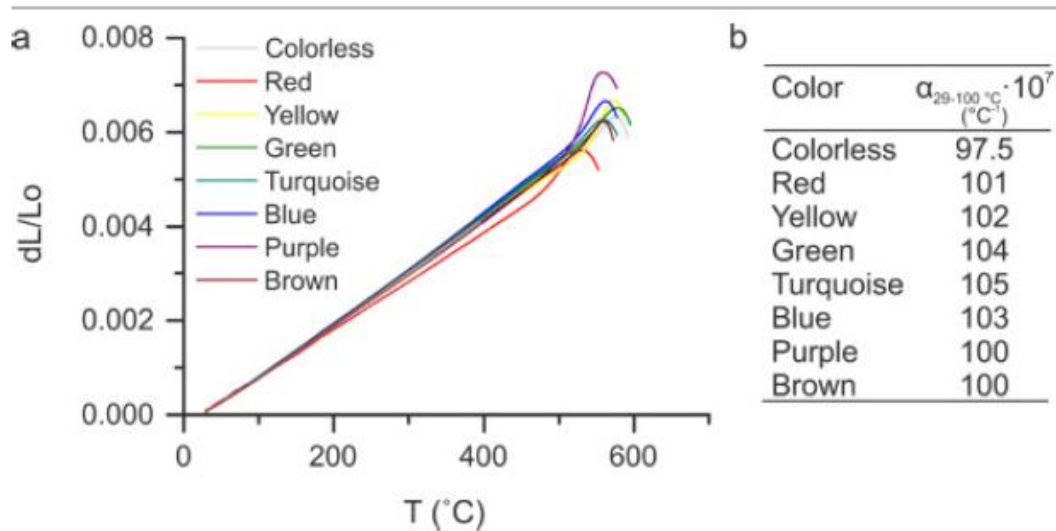
Топлинно въздействие

Кривите на топлинно разширение показват, че всички стъкла имат подобно поведение при термично възбуждане (фиг. 15 а). Червеното стъкло показва най-нисък наклон при високи температури (200–500 °C), тъй като високото му

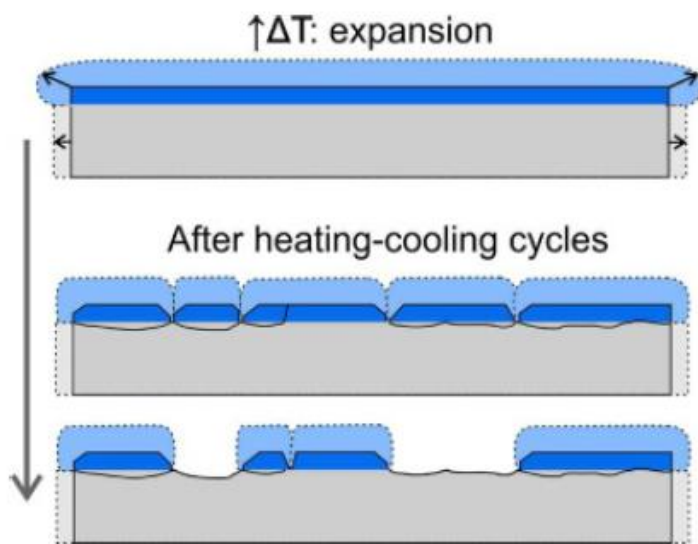
съдържание на ZnO (7,8 тегл.%) намалява коефициента на разширение на стъклата. При ниски температури обаче различните цветни стъкла имат подобни коефициенти на топлинно разширение, като безцветното стъкло има най-нисък коефициент, следвано от червеникавите стъкла (кафяво, лилаво, червено, жълто) и накрая синкавите (синьо, зелено, тюркоаз) (фиг. 15б). Тази малка разлика в коефициентите може да доведе до термична несъвместимост, ако те се стопят заедно, например чрез топене или емайлиране. Две стъкла са съвместими, когато разликата в техните коефициенти на разширение е по-малка от $5 \cdot 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ [15]. Тази разлика може да се постигне с безцветното стъкло и сините, зелените или тюркоазените стъкла. Тази разлика в коефициента на линейно термично разширение заедно с различните криви на нагряване/охлаждане (Фиг. 14а) може да компрометира стабилността на двете стъкла, ако са били разтопени заедно. По време на слънчевото облъчване синкаво/зеленикавото стъкло става по-топло и следователно разширението, изпитано от цветното стъкло, може да бъде по-високо от очакваното при същата температура, образувайки напрежения в интерфейса (фиг.16) . Повтарящите се цикли на нагряване/охлаждане могат да трансформират напрежението в пукнатини и впоследствие отлепване на цветното стъкло. Най-често срещаните отделения на исторически прозорци се произвеждат в сини и зелени емайли [15], които съответстват на стъклото с най-голяма NIR абсорбция, най-голяма топлопроводимост, най-голяма крива на нагряване и най-висок коефициент на топлинно разширение, измерени в тази работа. Наличието на частици в цветното стъкло може да ускори това явление [8] .



Фиг. 14 . (а) Криви на нагряване и охлаждане на цветни стъкла при облъчване със слънчев симулатор в продължение на 10 минути и след това се изключва. (б) Изображения с термокамера на цветните стъкла след 10 минути облъчване, поставени по реда на нагряване.



Фиг. 15. (а) Криви на термично разширение на различните стъкла. б) Стойности на коефициента на линейно термично разширение (29–100 °C).



Фиг. 16. Схема на термична несъвместимост между две разтопени заедно стъкла.

Точковите линии представляват стъклата след разширение, а правите линии са пукнатини.

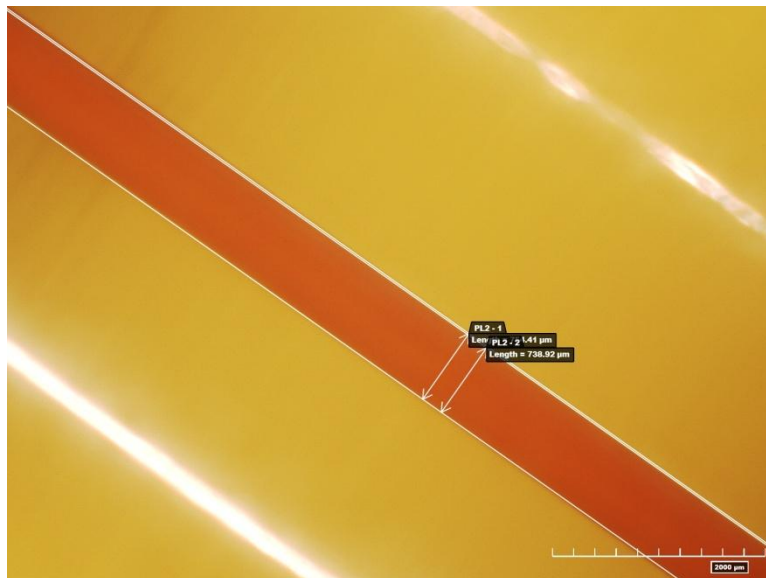
Изследване на цветно стъкло Мурано.

На фиг. 17 е показано цветно стъкло от Мурано. То е изследвано с РФА, ИЧС, УВС и 3D микроскоп.



Фиг. 17. Цветно стъкло от Мурано.

Снимка на стъклото с 3D микроскоп е показана на фиг.18 . Размерът на червената нишка се вижда на следващата фигура. Той е около 740 микрона.



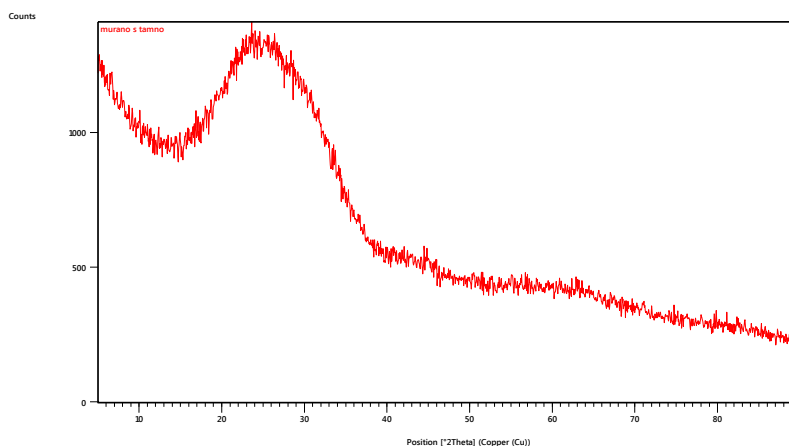
Фиг.18. Снимка с 3D микроскоп.

Интересното при това стъкло е че при термично третиране при 1150°C и изваждане от пещта стъклото става изцяло жълто, а червената нишка изчезва.

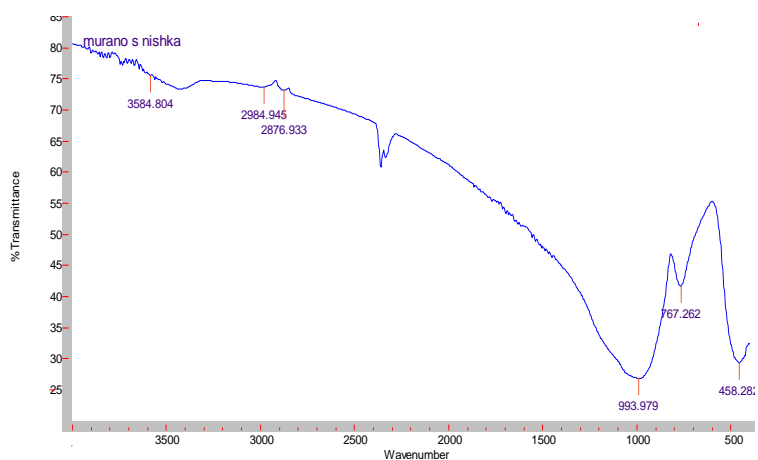
При оставяне на стъклото в пещта до охлаждане се получава червено стъкло, както се вижда от фиг.19. Стъклото остава аморфно – Фиг. 20. На фиг. 20 е дадена дифрактограма на стъклото. На следващите фигури са дадени ИЧ спектри на стъклото /фиг. 21/ .



Фиг. 19. Жълто и червено стъкло.

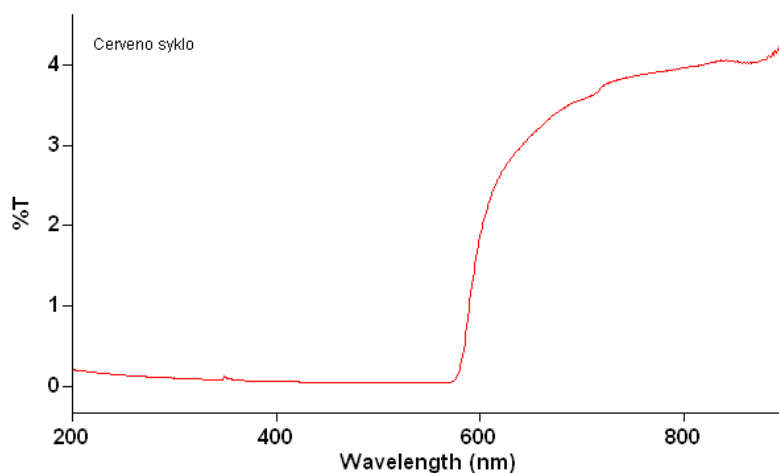


Фиг. 20. Дифрактограма на стъклото.

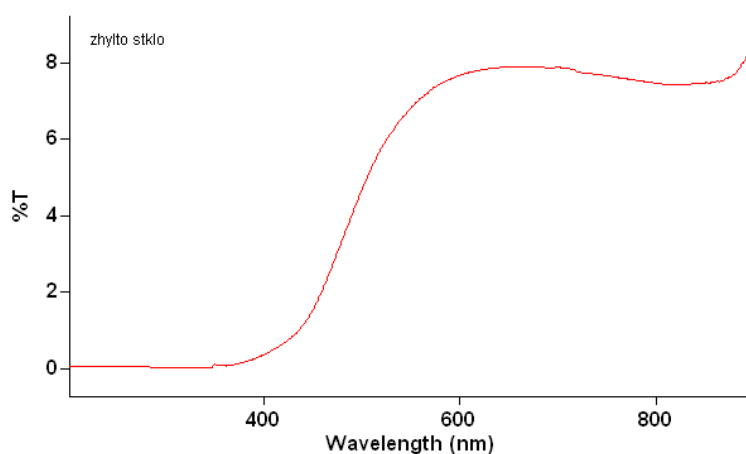


Фиг. 21. ИЧ спектър на цветно стъкло Мурано

ИЧ спектъра е на типично силикатно стъкло. Високочестотните ивици при около 1100 cm^{-1} се отнасят към антисиметричните валентни колебания (vd as) на SiO_4^{4-} тетраедъра, тези при около 800 cm^{-1} - към симетричните валентни колебания (vs), а нискочестотните колебания около $470\text{-}465\text{ cm}^{-1}$ - към деформационните колебания (δ) на групата. На фиг. 22 са дадени UV спектри на червено и жълто стъкло.



a/



б/

Фиг.22. UV спектри на червено /а/ и жълто стъкло /б/

Най-вероятно механизма на оцветяване на това стъкло има колоиден характер, става колоидно диспергиране на метални частици в стъклената стопилка. В стопилката и при нормално охладени стъкла оцветителя /злато, мед, селен/ се намира в молекулно състояние и стъклото е с жълт цвят. При темперирание на стъклото, при бавно охлаждане в пещта или допълнителна термична обработка се проявява червения цвят на стъклото. Така е и вероятно в нашия случай. Когато стъклото се извади веднага след стопяване то остава жълто, а като се остави да се охлади в пещта става червено, вследствие образуването на колоидни частички от съответния метал. Интензитетът и оттенъкът на цвета зависят от броя и големината на колоидните частички.

ИЗВОДИ

1. Представен е преглед на историческото развитие на художествените стъкла за архитектура и интериорен дизайн.
2. Представени са видовете архитектурни стъкла и стъкла за витражи. Едни от известните видове архитектурни стъкла са тези от фабрика за стъкло Ламбертс създадена през от 1906 г. Те изработват ръчно издухани цветни стъкла, ляти стъкла, блестящи стъкла, огледални стъкла, армирани стъкла и др.
3. Цветното плоско стъкло има голям ефект върху дизайна и атмосферата на помещението, в което е поставено. Може да помогне за увеличаване визуално на пространството и да му придаде специално настроение.
4. Цветът на стъклата зависи пряко от оцветяващия хромофор. Тези хромофори могат да бъдат йонни, молекулярни, колоидни или микрокристални. Най-често срещаните хромофори са катионите на преходните елементи ($Mn^{2+/3+}$, Co^{2+} , $Fe^{2+/3+}$ и др.). Тези йони взаимодействат със светлината чрез абсорбцията на фотони. Втората най-често срещана група се формира от атоми или молекули в колоидно състояние (Au, Pt, Cu), които абсорбират и разпръскват светлината, като златни и медни рубинени стъкла. И накрая, порядко срещаната група хромофори се формира от големи съединения като частици Cu_2O или Cr_2O_3 . Всеки хромофор има специфичен спектър, който зависи от електромагнитната конфигурация на катионите и нивата на свободна енергия в незавършените *d* орбитали на техния електронен слой или от природата на колоидите/микрокристалите и тяхната концентрация в стъклото.
5. В статии е анализирано термичното поведение на различни цветни стъкла. Експеримент със слънчева симулация доказва, че сините, зелените и тюркоазените стъкла са на- нагнетите при слънчево облъчване. Те са стъклата с най-висока абсорбция на близката инфрачервена област. Червеното стъкло с висок общ коефициент на поглъщане се нагрява по-малко поради ниската си абсорбция в NIR (близка инфрачервена област). В сравнение с безцветното стъкло, коефициентът на разширение на сините стъкла е $> 5 \cdot 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ което може да доведе до термична несъвместимост с образуването напукнатини и отлепвания, ако се нанасят върху безцветно стъкло.

ЛИТЕРАТУРА

1. Веселина Найденова Гекова, Дисертационен труд на тема СЪЪКЛОТО В АРХИТЕКТУРАТА И ИНТЕРИОРНИЯ ДИЗАЙН В ПЕРИОДА ХХ-ХХІ ВЕК Исторически обзор и тенденции. Влияние върху човека, обществото и околната среда, НОВ БЪЛГАРСКИ УНИВЕРСИТЕТ ДЕПАРТАМЕНТ „ИЗЯЩНИ ИЗКУСТВА“, 2021.
2. ДЖАЛОВА, К. (2017). *ДА ПОГЛЕДНЕМ ПРЕЗ СЪЪКЛОТО* | Stroiinfo | Стройинфо [Online]. <<https://stroiinfo.com/да-погледнем-през-стъклото/>> [Accessed 7/11/ 2020].
3. SENNOTT R., STANKARD M. (2004) *ENCYCLOPEDIA OF 20TH-CENTURY ARCHITECTURE*. [Online]. Fitzroy Dearborn Publishers. Available from: [https://books.google.bg/books?id=opvy1zGI2EcC&pg=PA350&lpg=PA350&dq=mark+stankard+de+stijl&source=bl&ots=PQOQtY_oz&sig=ACfU3U2aEq3oJGVH_jMKUDjhJMvRyoN2hQ&hl=bg&sa=X&ved=2ahUKEwj0yvbV6Y7uAhUJ6aQKHfAhCSkQ6AEwCnoECAEQAg#v=onepage&q=mark stankard de stijl&f=false](https://books.google.bg/books?id=opvy1zGI2EcC&pg=PA350&lpg=PA350&dq=mark+stankard+de+stijl&source=bl&ots=PQOQtY_oz&sig=ACfU3U2aEq3oJGVH_jMKUDjhJMvRyoN2hQ&hl=bg&sa=X&ved=2ahUKEwj0yvbV6Y7uAhUJ6aQKHfAhCSkQ6AEwCnoECAEQAg#v=onepage&q=mark%20stankard%20de%20stijl&f=false) [Accessed 9/1/2021]
4. GIEDION, S. (1954) *WALTER GROPIUS*. [Online]. New York: Dover Publications. Available from: <<https://archive.org/details/waltergropius0000gied/page/2/mode/2up>> [Accessed 9/1/2020]
5. MACKENZIE, J. (1995) *ORIENTALISM: HISTORY, THEORY AND THE ARTS*. [Online]. Google Книги'. Available from: <[https://books.google.bg/books?id=Hwhwfod4rTEC&pg=PA93&lpg=PA93&dq=chain+building+art+deco+glass+architecture&source=bl&ots=ApXEXpb6fc&sig=ACfU3U3RazQZwct7Dxm6A5sz_JKqDis8Nw&hl=bg&sa=X&ved=2ahUKEw iB7Nixt93nAhVm_SoKHU4-DAgQ6AEwEnoECAgQAQ#v=onepage&q=chain b](https://books.google.bg/books?id=Hwhwfod4rTEC&pg=PA93&lpg=PA93&dq=chain+building+art+deco+glass+architecture&source=bl&ots=ApXEXpb6fc&sig=ACfU3U3RazQZwct7Dxm6A5sz_JKqDis8Nw&hl=bg&sa=X&ved=2ahUKEw iB7Nixt93nAhVm_SoKHU4-DAgQ6AEwEnoECAgQAQ#v=onepage&q=chain%20b)> [Accessed 7 November 2020].
6. CHATTERJEE, I. (2017) *LIFE IN A GLASS HOUSE: SOCIAL MEDIA AND THE ARCHITECTURE OF LOOKING*. [Online]. Assemble Papers. Available from: <<https://assemblepapers.com.au/2017/09/07/life-in-a-glass-house-social-media-and-the-architecture-of-looking/>> [Accessed 7/11/2020]
7. SANSOM, A. (2018) *ARTDEPENDENCE*. [Online]. Tadao Ando's Work Retrospective In Centre Pompidou. Available from:

<<https://www.artdependence.com/articles/tadao-andos-work-retrospective-in-centre-pompidou/>> [Accessed 7/11/2020].

8. Обща история на изкуството. Т.1. Изкуството на древния свят / под. Изд. Климов, Р.Б. - М.: Държавно издателство "Изкуство", 1956 г. - 920 с. – Библиография: 12-14 с.
9. Албум на издателство Мария ди Спирито "Витражно изкуство". 2008 г.
10. Стоян Гуцов, Технология на стъклото, София, 1964 г.
11. Петър Джамбазки , Ирена Михайлова , Строително стъкло, ХТМУ-София, 2010.
12. Бъчваров, Св., Б. Костов, Б. Самунева, Д. Ставракева, Ръководство за упражнения по технология на силикатите, София, 1978.
13. Нина Пенкова, Теплообмен при прозрачни структури в пасивни слънчеви системи, Монография, Академик Пъбликейшънс, ISBN: 978-954-2940-25-8, София, 2020 ©
14. Елизар Милев, Дисертационен труд на тема Тенденции в развитието на лятото стъкло в България (художествено-естетически и технологични аспекти), Национална Художествена Академия , Факултет за приложни изкуства , Катедра „Дизайн на порцелан и стъкло“.
15. Teresa Palomar *, Esther Enríquez, Evaluation of the interaction of solar radiation with colored glasses and its thermal behavior, Journal of Non-Crystalline Solids 579 (2022) 121376.
16. T. Lombardo, C. Loisel, L. Gentaz, A. Chabas, M. Verita, I. Pallot-Frossard, Long term assessment of atmospheric decay of stained glass windows, Corros. Eng. Sci. Technol. 45 (2010) 420–424, <https://doi.org/10.1179/147842210X12710800383800>. [2] T. Lombardo, L. Gentaz, A. Verney-Carron, A. Chabas, C. Loisel, D. Neff, E. Leroy, Characterisation of complex alteration layers in medieval glasses, Corros. Sci. 72 (2013) 10–19, <https://doi.org/10.1016/j.corsci.2013.02.004>.
17. M. Melcher, R. Wiesinger, M. Schreiner, Degradation of glass artifacts: application of modern surface analytical techniques, Acc. Chem. Res. 43 (2010) 916–926, <https://doi.org/10.1021/ar9002009>.
18. T. Palomar, C. Grazia, I. Pombo Cardoso, M. Vilarigues, C. Miliani, A. Romani, Analysis of chromophores in stained-glass windows using visible

- hyperspectral imaging in-situ, *Spectrochim. Acta A* 223 (2019), 117378, <https://doi.org/10.1016/j.saa.2019.117378>.
19. T. Palomar, F. Agua, M. Gomez-Heras, Comparative assessment of stained-glass windows materials by infrared thermography, *Int. J. Appl. Glass Sci.* 9 (2018) 530–539, <https://doi.org/10.1111/ijag.12352>.
20. C. Machado, A. Machado, T. Palomar, L.C. Alves, M. Vilarigues, Debitus grisailles for stained-glass conservation: an analytical study, *Conserv. Patrim.* 34 (2020) 65–72, <https://doi.org/10.14568/cp2018067>.
21. T. Palomar, M. Silva, M. Vilarigues, I. Pombo Cardoso, D. Giovannacci, Impact of solar radiation and environmental temperature on Art Nouveau glass windows, *Herit. Sci.* 7 (2019) 82, <https://doi.org/10.1186/s40494-019-0325-3>.
22. M. Beltran, N. Schibille, B. Gratuze, O. Vallcorba, J. Bonet, T. Pradell, Composition, microstructure and corrosion mechanisms of Catalan modernist enamelled glass, *J. Eur. Ceram. Soc.* 41 (2021) 1707–1719, <https://doi.org/10.1016/j.jeurceramsoc.2020.10.041>.
23. F. Becherini, A. Bernardi, A. Daneo, F.G. Bianchini, C. Nicola, M. Verita, Thermal stress as a possible cause of paintwork loss in medieval stained glass windows, *Stud. Conserv.* 53 (2008) 238–251, <https://doi.org/10.1179/sic.2008.53.4.238>.
24. J.M. Fernandez Navarro. *El vidrio*, 3rd ed, Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Sociedad Española de Cerámica y Vidrio, Madrid, 2003.
25. W.A. Weyl, *Coloured Glasses*, Society of Glass Technology, Sheffield, UK, 1951. <https://books.google.es/books?id=WBHwjwEACAAJ>.
26. P. Brennan, C. Fedor, Sunlight, UV, & accelerated weathering, Q-Lab Tech. Rep. LU-0822 (1994) 1–8.
27. M. Zhao, W. Pan, C. Wan, Z. Qu, Z. Li, J. Yang, Defect engineering in development of low thermal conductivity materials: a review, *J. Eur. Ceram. Soc.* 37 (2017) 1–13, <https://doi.org/10.1016/j.jeurceramsoc.2016.07.036>.
28. C. Kittel, Interpretation of the thermal conductivity of glasses, *Phys. Rev.* 75 (1949) 972–974, <https://doi.org/10.1103/PhysRev.75.972>.
29. A.I. Krivchikov, A. Jezowski, Thermal conductivity of glasses and disordered crystals, ArXiv:2011.14728 [Cond-Mat.Dis-Nn]. (2020) 1–39.

30. A.I. Krivchikov, O.A. Korolyuk, I.V. Sharapova, J.L. Tamarit, F.J. Bermejo, L. C. Pardo, M. Rovira-Esteva, M.D. Ruiz-Martin, A. Jezowski, J. Baran, N. A. Davydova, Effects of internal molecular degrees of freedom on the thermal conductivity of some glasses and disordered crystals, *Phys. Rev. B Condens. Matter Mater. Phys.* 85 (2012) 1–10, <https://doi.org/10.1103/PhysRevB.85.014206>.
31. E. Enríquez, V. Fuertes, M.J. Cabrera, J. Soares, D. Muñoz, ~ J.F. Fernández, New strategy to mitigate urban heat island effect: energy saving by combining high albedo and low thermal diffusivity in glass ceramic materials, *Sol. Energy* (2017) 149, <https://doi.org/10.1016/j.solener.2017.04.011>.
32. C. Fornacelli, A. Ceglia, S. Bracci, M. Vilarigues, The role of different network modifying cations on the speciation of the Co²⁺ complex in silicates and implication in the investigation of historical glasses, *Spectrochim. Acta Part A Mol. Biomol. Spectrosc.* 188 (2018) 507–515, <https://doi.org/10.1016/j.saa.2017.07.031>.
33. D. Moncke, ~ M. Papageorgiou, A. Winterstein-Beckmann, N. Zacharias, Roman glasses coloured by dissolved transition metal ions: redox-reactions, optical spectroscopy and ligand field theory, *J. Archaeol. Sci.* 46 (2014) 23–36, <https://doi.org/10.1016/j.jas.2014.03.007>.
34. A. Paul, *Chemistry of Glasses*, Springer Science & Business Media, London, 1989.
35. N. Srisittipokakun, C. Kedkaew, J. Kaewkhao, P. Limsuwan, Coloration in sodalime-silicate glass system containing manganese, *Adv. Mat. Res.* (2010) 206–209, <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMR.93-94.206>.
36. C. Nelson, W.B. White, Transition metal ions in silicate melts-I. Manganese in sodium silicate melts, *Geochim. Cosmochim. Acta* 44 (1980) 887–893, [https://doi.org/10.1016/0016-7037\(80\)90269-0](https://doi.org/10.1016/0016-7037(80)90269-0).
37. T.G. Mayerhofer, ~ S. Pahlow, J. Popp, The Bouguer-Beer-Lambert law: shining light on the obscure, *ChemPhysChem* (2020) 2029–2046, <https://doi.org/10.1002/cphc.202000464>.
38. A.J. Faber, M. Rongen, A. Lankhorst, D.D.S. Meneses, Characterization of high temperature optical spectra of glass melts and modeling of thermal radiation conductivity, *Int. J. Appl. Glass Sci.* 11 (2020) 442–462, <https://doi.org/10.1111/ijag.15111>.

- 39.S. Dalai, V. Savithri, P. Sharma, Investigating the effect of cobalt loading on thermal conductivity and hydrogen storage capacity of hollow glass microspheres (HGMs), *Mater. Today Proc.* 4 (2017) 11608–11616, <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2017.09.072>.
- 40.G. Van der Snickt, O. Schalm, J. Caen, K. Janssens, M. Schreiner, Blue enamel on sixteenth-and seventeenth-century window glass, *Stud. Conserv.* 51 (2006) 212–222