

SVJETLOVODNA RASVJETA – ŠTO JE TO?

Mnogima je nešto bliža definicija svjetlovoda kao nosioca informacije, impulsa, ukratko asocijacija s vodičem u suvremenim telekomunikacijama. Princip je isti, međutim, medij je ponešto drugačiji.

Kao i sva ostala svemoguća tehnika što nas okružuje i sve više nam čini život ovisnim o njoj, tako i svjetlovodna rasvjeta proizlazi iz osnovnih principa fizike. Najosnovniji optički fenomen primjenjen u sustavima svjetlovodne rasvjete je princip unutarnje totalne refleksije. Prema njemu zraka svjetla, koja se kreće kroz određeni medij i kod toga naiđe na drugi medij drugih optičkih osobina pod vrlo malim kutom (drugačijeg indeksa loma), odbit će se pod istim kutem pod kojim je na njega došla. Višestruko ponavljanje ovog efekta unutar svjetlovodnog vlakna omogućuje vođenje zrake svjetlosti od početka vlakna pa do kraja gdje izlazi u drugi medij (zrak, vodu, staklo...). Mnogi će se pitati: pa zašto onda ne koristimo taj princip pri osvjetljavanju mračnih prostora za dnevnog svjetla? To ipak nije tako jednostavno. Svjetlovod, naime, nije tako efikasan vodič svjetla. Kao i sve ostalo u prirodi što nije idealno tako nema idealnog svjetlovoda. Unutar njega javljaju se gubici koji su neminovni, a njihova količina ovisi o vrlo mnogo čimbenika tako da na kraju svjetlovoda imamo manji intenzitet svjetla od onoga na početku. Iz toga proizlazi da na početku svjetlovoda trebamo veliku koncentraciju svjetlosti da bi što više svjetla uz sve gubitke na kraju izašlo van.

Tako smo došli do dva osnovna elementa rasvjetnog svjetlovodnog sustava: izvor svjetla i vodič svjetla. U svjetlovodnoj svjetlotehnici to su projektor i svjetlovod. Dakle svjetlovodni projektor kao izvor svjetla može prenijeti svjetlo jedne žarulje na mnogo različitih i različito udaljenih mjesta kao točkasti svjetlosni izvor različitog intenziteta.

Iz ove posljednje tvrdnje proizlaze i prednosti svjetlovodnog sustava rasvjete:

- Praktičnost, jer iz jedne žarulje dobijemo više izvora svjetla na različitim mjestima.
- Ekonomičnost, jer imamo za održavanje samo jednu žarulju, koja osim toga troši energije kao samo jedna žarulja.
- Sigurnost, jer kroz svjetlovod koji se ne može razbiti ni pregorjeti, ne prolazi ni električna struja, a toplinske zrake i UV zrake u neznatnim količinama, tako da možemo osvjetljivati vrlo osjetljive predmete čak i pod vodom, dok je projektor na dostupnom i sigurnom mjestu.
- Dekorativnost, jer su izvori svjetla završeci svjetlovoda koji, su najčešće višestruko manji i od najmanjih žarulja pa ih možemo koristiti i na najneprikladnijim mjestima.

Tu su još dodatne prednosti mogućnosti upravljanja takvim minijaturnim izvorima svjetla u pogledu paljenja i gašenja, svjetlucanja, promjene boje ...

Jedan od nedostataka, zasada, je svakako cijena ovakvog sustava rasvjete. Međutim, osnovni princip primjene svjetlovodne rasvjete jest da se ne koristi tamo gdje su moguća rješenja na drugačiji način. Opisane prednosti su takve da predstavljaju u mnogo situacija nemogućnost rješavanja problema na drugačiji način iz tehnoloških, sigurnosnih, servisnih, estetskih i drugih razloga. Što se više prednosti iskoristi u primjeni, to je primjena isplativija. Osim toga današnja tehnologija i tržište svakodnevno smanjuju cijenu komponenti svjetlovodne rasvjete tako da ne možemo više govoriti o previsokoj i nedostižnoj cijeni. To je i razlog zbog kojeg pokušavamo obnoviti na ovom mjestu ovu vrlo interesantnu temu i približiti cijenjenom čitateljstvu najnovije mogućnosti, koje daje primjena svjetlovodne rasvjete, kako u svakodnevnim situacijama, tako i u vrlo specijalnim slučajevima.

Vratimo se sada prije spomenutim elementima svjetlovodne rasvjete.

SVJETLOVOD

Svjetlovodi su u principu sazđani od niza svjetlovodnih vlakana. Za namjenu osvjetljavanja ili prijenosa vidljivog spektra koristi se nekoliko vrsta materijala.

Staklena vlakna u mikronskim promjerima spajaju se u snopove, svjetloводе, promjera najčešće 1 do 10mm. Vlakna od polimetilmetakrilata (PMMA) i polikarbonata rade se u debljinama 0,25 do 3mm. Specijalni polimeri u teflonskom omotaču izrađuju se u debljinama 3 do 25mm pa su tako svjetlovodna vlakna ujedno i svjetlovodi. Postoje svjetlovodna vlakna različite kvalitete. Sirovina iz koje se proizvodi svjetlovodno vlakno može biti vrlo slična kod različitih proizvođača, ali ne i tehnološki proces proizvodnje. A tko proizvodi svjetlovodna vlakna? Proizvođači stakla uglavnom rade staklena svjetlovodna vlakna i staklene svjetloводе. Kemijska industrija proizvodi PMMA vlakna i svjetloводе. Javne i privatne kompanije proizvode ostale tipove svjetlovoda vlastitom tehnologijom.

Najveće razlike nastaju u nivou čistoće i rafiniranosti kojom se sirovina prerađuje, postotku nečistoće i kontaminiranosti sirovine nečistoćom te samoj tehnologiji proizvodnje.

Ove tehnike obrade, i neke druge u razvoju, pokušavaju postići bolji raspored polimernih lanaca u molekularnoj strukturi materijala kako bi se povećala provodljivost i smanjilo prigušenje. Mnogi od postupaka u tom cilju su poslovna tajna proizvođača.

Optičke karakteristike kao numerička površina presjeka, prigušenje i selektivna spektralna apsorpcija se znatno razlikuju od vlakna do vlakna. To znači da je određeni svjetlovod pogodan za određenu namjenu, dok je za neku drugu namjenu potpuno beskoristan. Zbog svoje osjetljivosti svjetlovodi od staklenih vlakana su uvijek u zaštitnoj mehaničkoj izolaciji. Ostali svjetlovodi mogu i ne moraju biti u izolaciji, ovisno o primjeni i strukturi. Takozvani multivlaknasti PMMA svjetlovodi su uvijek u omotaču od transparentnog ili netransparentnog polimera. Za specijalne namjene svjetlovod može čak biti i u metalnoj izolaciji tipa SA-PA cijevi.

Da vidimo sad koje su prednosti i nedostaci pojedinih vrsta svjetlovodnih materijala. Staklena vlakna su idealna za korištenje na mjestima visoke temperature i/ili radijacije. Otporna su na većinu otapala i ulja i spektralna transmisija je vrlo dobra.

Stakleni svjetlovodi su uvijek zaštićeni polimernim izolacijama, a snop na kraju izveden pomoću epoksidnih ljepila. Stvarni materijal u kontaktu s okolinom je polimerna izolacija. Mnogi omalovažavaju polimerna svjetlovodna vlakna jer sadržavaju "plastiku". Ako usporedimo stakleni svjetlovod s polimernom izolacijom i polimerni svjetlovod jednakog optičkog promjera, vidjet ćemo da prvi sadrži više "plastike" nego drugi. U zajedničkom završetku snopa epoksidno ljepilo čini 17% optičke površine presjeka. Općepoznato je da takva ljepila djeluju razarajuće na okolinu pri visokoj temperaturi u fokusu žarulje projektora. Epoksid je podložan ubrzanom starenju u takvim uvjetima te tamni i apsorbira veću količinu topline. Tako utječe na nejednako zagrijavanje optičkog presjeka i razaranje strukture svjetlovoda. Svjetlovodno vlakno koje je praktički vječno ima početak i kraj konfekcioniran na kratki rok trajanja. S druge strane staklena vlakna su mehanički vrlo osjetljiva. Već pri proizvodnji, manipulaciji i instalaciji ovakvih svjetlovoda prekinut je određeni postotak vlakana čija debljina se mjeri mikronima.

Spektralnu transmisiju PMMA je teško poboljšati, dok je kvaliteta svjetla na udaljenosti većoj od četiri do pet metara značajno bolja nego kod staklenih svjetlovoda. Cijena je slijedeći čimbenik. Polimerna vlakna imaju manju cijenu po jedinici optičke površine presjeka nego staklena zbog jednostavnije tehnologije proizvodnje. Visokokvalitetni PMMA svjetlovodni sistemi su bazirani na procesu fuzije u proizvodnji svjetlovodnog snopa. Tako je izbjegnuta negativan učinak epoksi ljepila na trajnost zajedničkog završetka. Polimerna vlakna ne moraju imati zaštitnu izolaciju. Staklena vlakna su višestruko teža od polimernih. Manipulacija i obrada je mnogo jednostavnija s polimernim vlaknima i svjetlovodima.

Završeci polimernih svjetlovoda ne podnose visoku temperaturu. Iako neki polimeri podnose 100°C uglavnom radna temperatura projektora ne bi smjela preći 60°C. Viša temperatura uzrokuje promjene u polimernom molekularnom lancu, što rezultira u promjeni svojstva materijala. Jaki i vrući projektori se izbjegavaju u polimernim

svjetlovodnim sustavima. Iako postoje vrlo šturi podaci o starenju polimera neki proizvođači daju 20-godišnju garanciju, što je u većini slučajeva zadovoljavajuće.

Polumjer zakrivljenosti je vrlo delikatan kod polimera većeg promjera. Tome treba posvetiti posebnu pažnju kako bi se izbjegli nepotrebni gubici i trajna oštećenja strukture. Tanka svjetlovodna vlakna bez izolacije su mehanički vrlo osjetljiva.

Dakle, na osnovu izloženih prednosti i nedostataka, koje ćemo vlakno preferirati u svjetlovodne namjene? Vrlo je teško odgovoriti općenito jer uvijek ovisi o krajnjoj namjeni i uvjetima rada sustava svjetlovodne rasvjete. Stakleni svjetlovodi su bolji tamo gdje su konstantno visoke temperature i gdje se prenose podaci. Staklena vlakna su vrlo tanki vodiči od nekoliko mikrona u promjeru. Zato je potrebno staviti stotine pa i tisuće vlakana zajedno i zaštititi ih mehanički da bismo dobili svjetlovod koji je moguće koristiti. Radijusi savijanja su vrlo mali, a svjetlovodi usporedivih spektralnih karakteristika sa PMMA su skuplji.

U zadnje vrijeme se polako napušta tehnologija staklenih svjetlovoda u svjetlotehnici i prednost daje polimernim svjetlovodima zbog cijene, jednostavnijeg rukovanja, primjene fuzije u obradi umjesto ljepljenja...

Općenita primjena svjetlovoda je točkasto trakasto osvjetljavanje. Za točkasto osvjetljavanje se koristi svjetlovodni završetak kao rasvjetni element. Za trakasto osvjetljavanje se koristi svjetlovod svojom čitavom duljinom kad su vlakna u transparentnoj izolaciji. Kako je izvedena svjetlovodna traka? Ima više izvedbi svjetlovoda s transparentnom izolacijom. Multivlaknasti svjetlovodi su sazđani od većeg broja vlakana istog promjera (najčešće 0,75mm ili 1,00mm). Mogu biti usporedno ravno grupirana u okrugli presjek ili međusobno upletena u pletenice. Na taj način se remeti proces totalne refleksije unutar vlakana i ona propuštaju više svjetla po svojem obodu. Monovlaknasti svjetlovodi imaju samo jedno svjetlovodno vlakno zaštićeno transparentnom izolacijom najčešće ukupnog promjera 3 – 25mm. Obodna transparentna izolacija može biti okruglog i kvadratnog presjeka.

Kada ćemo primjeniti koju vrstu svjetlovodne trake ovisit će o namjeni za koju je predviđen svjetlovod i uvjetima instalacije. Monovlaknasti svjetlovod ima veći radijus savijanja i daje manje svjetla duž svoje duljine. Multivlaknasti svjetlovod ima fleksibilniju strukturu, posebno kod većih promjera. Zbog smanjene transparentnosti svjetlovoda osvjetljenost izgleda veća. Monovlaknasti svjetlovod može raditi kod veće temperature i može se priključiti na jači projektor. Može li svjetlovod biti sjajniji od neona? Svjetlovod može biti sjajniji od neona, ali na kraćim udaljenostima. Ograničenje količine svjetla koje putuje svjetlovodom je proizašlo iz fizike: stvarnog materijala od kojeg je načinjen svjetlovod i kvalitete svjetla. Postoji granica gustoće energije za svaki materijal. U nekim sustavima, posebno s projektorima nove generacije, može se postići nivo osvjetljenosti veći od neona do duljine od nekoliko metara. Međutim, ekonomski gledano, takvo rješenje je u usporedbi s neonom nepraktično. Postoji općeniti nesporazum oko količine svjetla potrebne za dati zadatak: više svjetla nije uvijek i bolje, a često je gore nego prava količina svjetla korektnih osobina. U mnogo slučajeva mala količina svjetla za naznaku, dekoraciju ili naglasak mnogo je bolja od blještanja visokonaponskog neona.

Ako promatramo svjetlovodnu traku duljine 15m od jednog kraja prema drugom, bez obzira na kojem kraju je projektor, opazit ćemo jednakomjerno osvjetljen svjetlovod, iako znamo da je to nemoguće. No, ako promatramo sa strane isti svjetlovod od početka do kraja opazit ćemo razliku jer možemo pogledom usporediti oba kraja.

Da bismo uspješno primjenili svjetlovodnu traku potrebno je pažljivo odabrati projektor, odrediti konfiguraciju i duljinu svjetlovoda i kontrolirati kontrast podloge na koju je apliciran i smjer gledanja. Moguće je izvesti petlju tako da svjetlovod izađe i uđe u isti ili slijedeći projektor pa u svjetlovodu projektori "svijetle jedan prema drugom". Na taj način se postiže veći intenzitet i ušteda na količini projektoru.

PROJEKTOR

Budući da se proizvođači na tržištu ne mogu dogovoriti o zajedničkom terminu, nailazimo na različite nazive kao iluminator, svjetlosna mašina, svjetlosni izvor...Mi

ćemo u daljnjem tekstu govoriti o projektoru obzirom da strogo usmjereni snop svjetla projicira u optički presjek svjetlovoda. Osnovni sastavni dio projektor je žarulja. Kako postoje različite primjene svjetlovodne rasvjete normalno je da postoje i različite vrste projektor sa različitim tipovima i snagama žarulja koje najbolje odgovaraju odabranoj namjeni. Kvalitetan projektor mora uspješno ispunjavati tri osnovne zadaće. Mora omogućiti korektan, siguran i stabilan smještaj žarulje i njezinih pomoćnih elemenata (transformatora, propaljivača, grla..). Mora maksimalno usmjeriti svjetlost žarulje prema svjetlovodu. I mora osigurati pogodnu okolinu koja će garantirati propisani vijek trajanja žarulje i njenog snopa svjetlosti. Ovaj posljednji zadatak pretpostavlja smanjenje toplinskog opterećenja koje se javlja u projektoru za njegovog rada. Budući da nema standarda u proizvodnji svjetlovodnih projektor teško ih je jednoznačno podijeliti. Uzmemo li snagu žarulje mogu biti od 5W do 1000W. prema tipu žarulje uglavnom se koriste halogene i metalhalogene žarulje. Prema namjeni mogu biti za osvjetljavanje i za svjetlosne efekte. Ako se vratimo na prethodno izrečene misli netko bi pitao zašto da koristimo slabašan izvor svjetla ako u svjetlovodu ionako bilježimo gubitak intenziteta. U industriji rasvjete efikasnost žarulje se mjeri na nekoliko načina, ovisno o usporednim standardima. Prihvaćeni podaci za žarulju su najčešće svjetlosna iskoristivost i svjetlosni tok.

Svjetlosna iskoristivost (lumen/vat) daje svjetlosni tok koji daje žarulja za svaku jedinicu iskorištene energije. Vrlo je mala za obične žarulje sa žarnom niti gdje se većina energije pretvara u toplinu. Iskoristivost je vrlo velika kod fluorescentnih žarulja i nekih žarulja na pražnjenje kao kod niskotlačne natrijeve žarulje. Na žalost ni jedna od ovih vrsta žarulja ne koristi se u svjetlovodnim projektorima zbog nekih drugih razloga. Kod projektor je jedino mjerilo efikasnosti stvarna količina i usmjerenost svjetlosti koja pada na optički presjek i malo ima zajedničkog sa snagom projektor. Mnoge žarulje, posebno novije generacije, imaju posebno poboljšano emitiranje svjetlosti, bolju kontrolu usmjerenosti i preciznost. Primjerice zadnja generacija 50-vatnih halogenih žarulja s dikroičkim reflektorom daje više usmjerenog svjetla nego starija generacija istovrsnih žarulja snage 75W.

Gdje ćemo postaviti projektor jedne svjetlovodne instalacije? Što bliže samom mjestu na kojem je svjetlovod apliciran, ali dovoljno daleko da njegova pozicija ne smeta oblikovanju i funkciji prostora. Naime, svjetlovod ne smije biti pre dugačak kako bi se smanjili gubici koji se u njemu javljaju. S druge strane projektor treba nesmetano funkcionirati. Dakle treba imati dovoljno prostora da bi se zračio. Osim toga treba uvijek biti pristupačan radi održavanja. Pošto je to ipak tehnički element instalacije, koji ne treba biti izložen direktnom pogledu i može smetati u oblikovanju interijera ili eksterijera, treba predvidjeti određene revizione otvore u stropu, zidnoj oblozi i sl. Osim toga svjetlovodni projektor ima ugrađen sustav prisilne ventilacije koji ovisno o konstrukciji i preciznosti ugrađenih elemenata stvara buku od 20dB do 80dB, koja može smetati u interijeru. Jedino podvodni projektori sa stupnjem zaštite IP68 nemaju prisilnu ventilaciju nego se hlade okolnim prostorom (teško je očekivati da će bazen ili fontana u kojoj je projektor imati temperaturu vode veću od 30°C). svaki projektor osim toga ima termoprekidač. Kritična je radna temperatura svjetlovodnog snopa i primjenjene žarulje. Prevelika temperatura može značajno skratiti vijek trajanja svjetlovodnih vlakana u snopu i žarulje. Termo prekidač se mora instalirati da bi isključio žarulju ukoliko se pojavi pre velika toplina u projektoru. Najčešće se koristi termostat 50°C. Neželjena toplina se može akumulirati u projektoru zbog mnogo razloga: pokvareni ventilator, neprohodni ventilacioni otvori, pre slaba ventilacija zbog nakupine prašine...

Osim projektor za osvjetljavanje spomenuti su i projektori za efekte. Takav je animacijski projektor. Karakteristična konfiguracija elemenata u kućištu daje mu takvo ime. Princip je takav da se koristi element od prozirnog materijala u obliku cilindrične posude s dnom okrenutim prema gore. U centru te posude je smješten motor koji je okreće oko osi i žarulja koja iznutra prosvjetljava njezinu cilindričnu stijenu na koju je učvršćena folija sa pažljivo razmještenim poljima providnog i

neprovidnog. U radu se, znači, animacijski bubanj okreće i omogućuje da dio svjetlosti žarulje u određenom trenutku obasjava određeno svjetlovodno vlakno iz snopa, a drugo ne. svjetlovodni snop je kod toga također izveden na specifičan način. Četvrtastog je oblika i podsjeća na napolitanku. Dakako da određeni završetak svjetlovodnog vlakna mora biti na sasvim određenom mjestu u motivu koji se animira. Zbog tromosti ljudskog oka brze promjene osvijetljenih i neosvijetljenih točkica u motivu daju rezultat kretanja motiva po podlozi. Moguća je kod toga i promjena boje ako se na stijenku animacijskog bubnja aplicira obojeni filter.

Druga mogućnost je projektor samo s promjenom boje. Opet se koristi mali motor kao pokretač. U ovom slučaju na njega je pričvršćen disk od stakla ili polimernog materijala u boji. Filteri različite boje mogu biti kao kružni isječci montirani na disk ili obojene folije u istom obliku stavljene između dva staklena kruga.

Motor okreće disk ispred žarulje, koja svjetli kroz obojene filtere i rezultira obojenim svjetlom u svjetlovodnim vlaknima. Ovisno o primjeni koriste se skupi dikroički filteri ili jeftiniji želatinski filteri. Nekoliko projektoru može pritom sinhronizirano mijenjati boju. Standardni motori su sinhronog tipa, vrlo pouzdani, i kontrolirane promjenljive brzine. Praktički sve može biti kompjuterizirano pa projektori nisu iznimka. Kolor-diskovi, napon napajanja žarulje i mehaničke blende u slučaju metalhalogenih žarulja, mogu biti programirani i računarski kontrolirani. To, međutim, traži studioznu razradu kompletnog projekta od slučaja do slučaja i primjenu sofisticirane dodatne opreme koja će to omogućiti. Kod toga predstavlja vrijednost razrade projekta i montaža u ukupnoj investiciji mnogo veći dio od ugrađene opreme. No, rezultati su zapanjujući, a efekti neponovljivi.

OSTALI ELEMENTI SVJETLOVODNE RASVJETNE INSTALACIJE

Dakako da gore navedeni osnovni elementi (svjetlovod i projektor) trebaju dodatan pribor i opremu za učinkovito tehničko i estetsko funkcioniranje sustava.

Optički priključak

To je element cilindričnog oblika, koji prihvaća svjetlovod ili snop svjetlovoda formiranih u zajednički završetak i usmjerava ih u žarište žarulje u projektoru. Kod staklenih svjetlovoda to je metalni element u koji su uložena i zaljepljena svjetlovodna vlakna i zajedno polirana. Već smo prije opisali koji su nedostaci takvog detalja. Kod sintetičkih svjetlovoda najnovijom tehnologijom fuzije se postiže kompaktni presjek koji se polira dok još nije u optičkom priključku. Tako dobivamo situaciju da je zajednički završetak snopa svjetlovoda i pojedinačni svjetlovod istog oblika. Kod toga nema nikakvog ljepljenja. Takav završetak se mehanički stavi u optički priključak i učvrsti u njegovoj uzdužnoj osi. Isto tako se mehanički može u njega učvrstiti dikroički filter u boji ili optički element za izjednačavanje intenziteta upadnog svjetla po čitavom optičkom presjeku.

Svjetleći kraj

Druga strana svjetlovoda svjetli u obliku točkastog izvora većeg ili manjeg promjera. Promjer ovisi o promjeru svjetlovoda. Kako će biti tehnički izveden svjetleći kraj, ovisi o namjeni i tipu svjetlovoda.

Staklena svjetlovodna vlakna se učvršćuju u profilirane cijevčice pomoću epoksidnih ljepila. Tako pripremljen svjetleći kraj je čvrsti element pogodan za rezanje i poliranje bez opasnosti oštećenja vlakna. Cijevčice su najčešće mjedene i služe i za točno namještanje i učvršćenje svjetlećeg kraja.

PMMA vlakna mogu završavati na nekoliko načina ovisno opet o tipu i namjeni. Jednostavno presječena vlakna pomoću oštrog skalpela ili britvice je standardni tip završetka za dekorativnu rasvjetu, displeje i natpise. Ista vrsta izvedbe kao za staklena vlakna se koristi kod multivlaknastih svjetlovoda uz ograničenje toplinskog opterećenja.

Za većinu dekorativnih i svjetlosnih primjena polimerna vlakna i svjetlovodi su u velikoj prednosti pred staklenim. Dovoljan je jednostavan alat i malo vještine za postizanje prekrasnih efekata na samom gradilištu bez skupe tvorničke pripreme i

izrade po mjeri. PMMA vlakna se također mogu fuzionirati u snopove i polirati do vrhunske kvalitete na licu mjesta.

Sastav monovlaknastog svjetlovoda onemogućava preciznu izvedbu svjetlećeg kraja jer je značajno mekše strukture od PMMA ili staklenih vlakna, a tvrdoća materijala je preduvjet za uspješno poliranje. Ako se pokuša polirati rezultat je nepolirani presjek i dio polirne prašine uđe između vlakna i teflonskog omotača te narušava svjetlovodna svojstva. Svjetleći završetak se najčešće izvodi alatom s vrlo oštrim sječivom. O oštirini rezača ovisi glatkost površine presjeka koja se dalje može termički polirati jedino tvornički.

U ispitivanju su mogućnosti poliranja pod niskom temperaturom vodenim mlazom visokog pritiska ili laserom.

Završni svjetleći elementi

U nekim slučajevima to su jedini elementi svjetlovnog sustava koji su vidljivi. To su rasvjetni elementi koji učvršćuju, drže, usmjeravaju i završavaju svjetleći kraj svjetlovoda.

Budući da se svjetleći kraj tretira kao svjetleće tijelo na tržištu postoji ogroman broj različitih izvedbi koje daju dekorativan izgled svjetlećeg kraja. Teško je standardizirati te elemente jer ih rade različiti proizvođači. Mogu biti ugradne fiksne ili usmjerive rasvjetne armature različite površinske obrade i detalja pričvršćenja. Mogu biti rozete s najrazličitijim staklenim oblicima, obojenim ili neobojenim, prozirnim ili matiranim. Zatim brušeni kristali stakla prosvjetljeni svjetlovodom, koji daju zbog brušene površine i različitog loma svjetla različite dekorativne efekte po stropu, a koji ovise o brušenom obliku i duljini kristala. Varijanta ove izvedbe je cilindrična staklena cijev s raznobojnim kristalima na suprotnoj strani svjetlećeg kraja, koja viri iz stropa i reflektira svjetlo natrag na strop tvoreći zanimljive svjetlosne efekte projicirane po stropu oko izvora. Završetak svjetlovoda može biti i optički element s jednom ili više leća koje sužuju svjetlosni snop povećavajući mu istovremeno intenzitet.

PRIBOR ZA MONTAŽU SVJETLOVODNIH TRAKA

Kad se radi o svjetlovodnim trakama onda su to uglavnom različiti ekstrudirani plastični i aluminijski profili za pridržavanje svjetlovoda. Ako se radi o vanjskoj montaži potrebno je voditi računa o agresivnim UV zrakama i zaštititi svjetlovod dodatnim cijevastim profilima ako sam omotač nije UV stabilan. U suprotnom slučaju stradava uglavnom omotač i vidljivost se smanjuje. Ako se radi o unutarnjoj montaži na tržištu postoji cijeli niz različitih profila za spoj istovrsnih i raznovrsnih podnih i zidnih obloga koje se razgraničuju svjetlovodnom rasvjetom. Isto tako tu je nekoliko raznovrsnih aluminijskih profila kao rubova stepenica koji sadržavaju svjetlovodnu rasvjetu.

PRIMJERI PRIMJENE

Budući da je ovaj časopis namijenjen osim svekolike javnosti prije svega praktičarima evo nekoliko interesantnih primjera primjene svjetlovodne rasvjete u specifičnim i svakodnevnim situacijama.

ZVJEZDANO NEBO

Svima je već poznato da se pod pojmom zvjezdanog neba u rasvjeti interijera podrazumijeva niz pravilno ili nepravilno razmještenih relativno malih rasvjetnih armatura sa halogenim žaruljicama snage 5W, 10W, 20W, ovisno o konceptu i broju na određenoj površini. Uzmimo da na površini 10m² koristimo 40 armatura po 10W. Prije svega to je instaliranih 400W rasvjete i za održavanje 40 žarulja trajnosti oko 1500 sati. Nadalje veličina armatura je ovisno od konstrukcije 30-50mm u promjeru kako bi se fizički uopće mogle spojiti na mrežu vodiča i montirati na strop. Na najčešće bijelom stropu javljaju se nakon nekog vremena tamne mrlje oko žaruljica zbog topline koju razvijaju, a koja privlači prašinu. Instalacijski gledano, s gornje strane stropa imamo kompliciranu mrežu vodiča presjeka 4-6mm² kako bismo omogućili nesmetan rad sistema i minimalan pad napona. Transformator svakako

mora biti na dostupnom mjestu radi servisa. Osim toga cijela rasvjeta nije nimalo slična zvjezdanom nebu.

Uzmemo li rješenje sa svjetlovodom u mogućnosti smo dobiti pravo zvjezdano nebo. Uz nepravilan raspored točkastih izvora promjera 0,5mm do 3mm (u određenom brojčanom odnosu gradacija 0,5mm, 0,75mm, 1,00mm, 1,5mm, 2,00mm, 2,50mm, 3,00mm, spram visine stropa od promatrača) možemo vrlo vjerno simulirati zvjezdano nebo. Upotrebom projektor s rotacionim prizmatičnim diskom ti točkasti izvori mogu i svjetlucati kao prave zvjezdice. Montaža je nešto zahtjevnija od prethodne varijante, ali je rezultat kvalitetno neusporediv. Za održavanje imamo samo jednu žarulju svakih 3000-4000 sati i ona ne ostavlja nikakve tamne mrlje na stropu. Početna investicija je, ovisno o montaži, 50% do 100% veća, ali je opravdava ekonomičnost u korištenju i neusporediva dekorativnost.

Najnoviji proizvod na tržištu su modularne stropne ploče 600x600mm sa ugrađenim svjetlovodnim točkicama zvjezdanog neba ili neke geometrijske strukture. Svaka ima svoj izvor svjetla za svoje svjetlovođe i potrebno ih je samo međusobno spojiti na niskonaponski pretvarač. Montaža je vrlo brza, jednostavna i sigurna, a garancija rasvjete je 10 godina.

NEBESKI EFEKTI

Uz svjetlovodnu izvedbu zvjezdanog neba često se javljaju i popratni svjetlosni efekti koji se u stvarnosti mogu vidjeti kao meteori, meteorska kiša, komete, polarna svjetlost i sl. Ovi efekti su povezani s animacijom kretanja. Posebnim postupkom se na strop instaliraju svjetleći krajevi sintetičkih svjetlovodnih vlakana prema određenom redosljedu koji korespondira sa redosljedom u animacijskom optičkom priključku na animacijski projektor. Ovakvom, naizgled kompliciranom, konfiguracijom svjetlovodnog sustava postiže se privid kretanja zbog tromosti ljudskog oka. Rezultat su prekrasni efekti.

RASVJETA U LIFTU

Novije generacije liftova imaju vrlo često instaliranu halogenu rasvjetu. Skučeni i niski prostori lifta osim što značajno zagrijavaju u području glave putnika često blješte pri pogledu u strop. Kod svjetlovodne varijante je izvor svjetlosti dematerijaliziran u točkice 3mm do 5mm u promjeru u pravilnom ili nepravilnom rasporedu. Angažirana snaga je višestruko manja. Projektori su često opremljeni s dvije žarulje, tako da se nakon pregorijevanja jedne upali druga uz indicaciju da prvu treba nadomjestiti novom.

RASVJETA U BAZENU ili KADI

U ovom slučaju možemo imati točkasti podvodni izvor svjetla ili obodnu naznaku oblika bazena u obliku svjetlovodne trake, ili oboje odjednom. Odmah treba naglasiti da se obodno uz bazen ne može nikako drugačije postići niti sličan efekt bez izvedbenih i sigurnosnih komplikacija. Postoje posebno dizajnirane svjetleće armature za priključak svjetlovodnog kabla i ugradnju u dno ili stijenku bazena. Kod toga žarulja nije pod vodom jer projektor može biti u prostoru s pumpom, filterom i ostalom bazenskom opremom.

RASVJETA FONTANE

Najljepši je noćni efekat širenja svjetla kroz mlaz vode. To je moguće postići s podvodnim reflektorima s halogenom niskonaponskom žaruljom. Osim toga, ako ima više mlaznica svaka mora imati svoj izvor svjetla. Želimo li promjenu boje mlaza kao dodatnu interesantnu osobinu treba instalirati toliko vrsta reflektora da fontana postaje pretrpana reflektorima. Međutim, svjetlovodni završetak usmjeren u mlaz vode u samoj mlaznici je elegantnije pa i ekonomičnije i sigurnije rješenje. Korištenjem animacijskog projektor ili projektor s promjenom boje cijela instalacija je jednostavna, s jednom žaruljom, bezopasna, neopterećena tehnikom i ekonomičnija.

IZLOŽBENE VITRINE

Sigurno ste se susreli s problemom rasvjete u skućenom prostoru izložbene vitrine, gdje je reflektor u vitrini dominirao prostorom više nego izložak. Ako je to nekakav

osjetljivi izložak (životinjski preparat, papirni dokument, tekstil), onda ga je trebalo osvjetliti izvana iznad ili pokraj vitrine pa se pojavio neželjeni refleks žarulje u staklu vitrine.

Svjetlovod rješava ove probleme vrlo kvalitetno, sigurno, neprimjetno, dekorativno i ekonomično. Projektor se smješta u podnožju vitrine, a samom konstrukcijom vitrine može se neprimjetno riješiti dovođenje izvora svjetlosti u strop ili to postići iz podnožja sistemom zrcala u stropu. Osvjetljenje trodimenzionalno interesantnih izložaka moguće je riješiti iz podnožja sustavom točkastih izvora obodno oko objekta.

MAKROFOTOGRAFIJA

Sitni elementi koji se fotografiraju traže katkad vrlo točne i podesive izvore svjetla. Svjetlovodni projektor sa snopom svjetlovoda različite debljine ugrađenih u tzv. anakonda fleksibilno crijevo omogućuju točno pozicioniranje svjetlosnog snopa. Osim toga boja svjetlosti se može korigirati predloškom u projektoru u obliku filtera.

GASTROENTEROSKOPIJA

Već je dugi niz godina poznata primjena svjetlovodne rasvjete za komplicirane optičke pretrage želučane šupljine. Nikakva žarulja na vrhu sonde ne može zamijeniti svjetlovod.

PRECIZNA MEHANIKA

Često nepristupačna mjesta pri servisiranju skupih strojeva nemoguće je precizno osvjetliti u potrazi za kvarom, već ih je potrebno do te mjere rastaviti da se dođe do mjesta kvara. Svjetlovod je fleksibilan izvor svjetla koji se može zavući u najnepristupačniju šupljinu i osvjetliti je.

NATPISI I REKLAME

Logotip neke tvrtke ili robne marke najčešće se rješava sitotiskom na opalnom pleksiglasu ili fotografski obrađenom duratrans folijom prosvjetljenom fluorescentnom cijevi. Drugi način je katkad komplicirana i krhka staklopuhačka vratolomija visokonaponskog neona sa ili bez pozadine u sitotisku.

Logotip izveden svjetlovodnim točkicama koje se pomoću animacijskog projektora pale i gase u određenim slijedovima je svakako interesantniji i plijen pogled više od bilo kakve druge reklame. Dakako treba vidjeti da li se zahtjeva vidljivost s velike udaljenosti kad je proračun neizbježan, a visokonaponski neon praktičniji.

No, u slučaju displeja, primjerice za robnu marku, u prodavaonici svjetlovodno rješenje je bolje.

PODNI LOGOTIP

Ovo je vrlo interesantno rješenje moguće u većini podnih obloga. Potrebno je prethodno u detalje razraditi tehnologiju ugradnje svjetlovoda, ali rezultat je neponovljiv. Niti jedan drugi način rasvjete s takvim rezultatom nije moguć.

Primjerice teraco pod sa svjetlovodnim točkastim izvorima u nepravilnom rasporedu, ispisom reklame, poruke, logotipa, naziva tvrtke, robne marke animiran animacijskim projektorom daje zapanjujući efekt.

EDUKACIJSKI DISPLEJI

Vrlo su interesantne izvedbe displeja određenih tehnoloških procesa proizvodnje ili drugih procesa koji zahtjevaju zorno prikazan redoslijed. To se znalo rješavati rotacijskim diskom u pozadini crteža procesa koji je bio u svojoj pozadini prosvjetljen i okretanjem animirao redoslijed postupaka u procesu. Svjetlovod to rješava jednostavnije i omogućuje promjene boje za različite postupke unutar jednog tehnološkog procesa.

IZLAGANJE SITNIJE ROBE

Patentiran je sustav izlaganja sitnije robe u izlozima ili prodavaonicama korištenjem jednog ili niza do 40 svjetlovoda kao nosača police (staklene, drvene...) spojenih na jedan metalhalogeni projektor. Svjetlovodi su tako raspoređeni da svaki osvjetljava po jedan izložbeni predmet intenzitetom i do 3000lx. Polica je pritom ovješena o svjetleći kraj svjetlovoda sustavom inox sajlica vrlo malog presjeka, a dostatne nosivosti.

INDIREKTNA RASVJETA

U interijeru znaju u današnje vrijeme gipskartonskih obloga nastati interesantne situacije vrijedne naglaska dodatnom rasvjetom. Takav je slučaj spuštenog stropa u više nivoa. Tada se obično instalira fluorescentna rasvjeta ili visokonaponski neon. Na taj način se uglavnom strop prenaglasa. Mnogo ljepše rješenje je svjetlovodna traka po obodu nižeg stropa indirektno uz dodatak svjetlovodnih točkastih izvora po obodu tog istog nivoa stropa sa dodatkom kristala za dekoraciju.

ORJENTACIJSKA RASVJETA

U velikim javnim prostorima, kino dvoranama, kazališnim gledalištima, koncertnim dvoranama, muzejima, galerijama, potrebne su naznake komunikacije, koje kad su osvijetljene ne odvlače pažnju publike, a čine prostor prepoznatljivim u mraku bilo zbog tijeka programa bilo zbog nestanka struje. Tu je idealna svjetlovodna rasvjeta svojom niskom instaliranom snagom, besprijekornim tehničkim detaljem izvedbe sigurnošću i trajnošću. Svjetlovodne trake daju naznaku kretanja u prostoru, a osvijetljeni piktogrami redova i sjedala u redovima omogućuju orijentaciju.

Cijenjeni čitatelj je sigurno čitajući ove primjere došao do nekih svojih mogućih primjera neprikosnovene primjene svjetlovoda, koji su potvrda široke primjenjivosti svjetlovodne rasvjete u svakodnevnom životu. Navedeni primjeri su samo dio nekih poznatih realizacija.

U industriji svjetlovodne rasvjete razlikujemo proizvođače svjetlovoda, proizvođače svjetlovodne opreme i pribora i integratore svjetlovodnih sustava. Proizvođači svjetlovoda su uvijek vrlo velike i moćne korporacije. Proizvođači svjetlovodne opreme mogu biti velike tvrtke za proizvodnju rasvjete gdje je to njihov jedan segment proizvodnje. Češće su to male tvrtke specijalizirane za tu granu svjetlotehnike. Integratori svjetlovodnih sustava su u pravilu male tvrtke jer je od projekta do projekta potrebna brza prilagodba zahtjevu i odgovor na narudžbu. Kod toga je vrlo važna preciznost od planiranja instalacije preko sastavljanja svjetlovodne instalacije do same montaže. Montaža može katkad biti najzahtjevniji dio posla.

Na taj način je nemoguće precizno utvrditi cijenu elemenata jer je kalkulacija ovisna o svim spomenutim čimbenicima. Općenito govoreći, svjetlovodna rasvjeta je utoliko skupa ukoliko se ne koriste njene prednosti. Efekti od kojih ponekad zastaje dah se u većini slučajeva pravilne primjene svjetlovodne rasvjete ne mogu postići na nijedan drugi poznati način.

HAL d.o.o., O.Price 8, 42000 Varaždin, tel: 042 233360, fax: 042 233107

E-mail: hal@hal-croatia.com