

PONAŠANJE GRAĐEVINSKOG MATERIJALA U POŽARU

Jedan od najvažnijih kriterija za ocjenjivanje građevinskih materijala je njihovo ponašanje u slučaju požara. Požar je fenomen silovitog zapaljenja, neželjen je i čovjek ga ne kontrolira, događa se na nepredvidivim lokacijama i prouzročen je potpuno slučajnim doprinosom energije.

Požarne značajke (fizikalno-kemijske promjene materijala) pri izloženosti požaru najčešće su: gorivost, zapaljivost, brzina širenja plamena, gorivo otkapavanje materijala, sposobnost stvaranja dima otrovnih plinova i toplinska moć.

Razvijanje plamena osnovni je način širenja požara koji se može prikazati u četiri faze, od kojih su dvije faze požara presudne: požar u nastanku i puni požar, a materijal u svakoj od njih ponaša se sasvim različito.

Požar u nastanku (zapaljenje i širenje) obuhvaća čitav niz različitih radnji poput načina izgaranja materijala, stupnja zapaljivosti, brzine širenja vatre po površini i intenziteta provođenja topline. Temperatura raste polako i gotovo linearno napreduje, zapaljive tvari su prisutne u ograničenim postocima, usporeno je zagrijavanje okoline (zidovi, stropovi i plafoni još su hladni i pojačano upijaju toplinu), a vlaga isparava iz svih materijala.

“Vatreni skok” (flash-over) prijelaz je (faza ili točka nakon koje nema povratka) iz faze nastan-

ka u fazu punog požara. Temperatura naglo raste, a nastali plinovi u reakciji sa zrakom stvaraju zapaljivu smjesu. Zbog razvijene topline temperatura okoline raste do vrijednosti dovoljne za zapaljenje, a potom ubrzano raste dostižući 500/600 °C u 5/25 minuta (ovisno o gorivu i dostupnoj količini inhibitora gorenja). Požar na početku zahvaća samo plinove, te se brže širi i na sva ostala goriva. Stvorena količina topline također eliminira i zaostalu vlagu velikom brzinom.

Puni požar je faza u kojoj vatra zahvaća sve zapaljive materijale, zbog velike količine proizvedene topline raste temperatura, snažna je transmisija topline u okolinu zbog visoke temperature pregrada (zidovi i stropovi), a trajanje ove faze ovisi o masi prisutnog goriva i doprinosu inhibitora. Razvijene temperature više su i od 900 °C i rastu konstantno do dostizanja toplinske ravnoteže između vanjskog i opožarenog okruženja. Ova faza je najopasnija jer su moguća oštećenja (nekonstrukcijski elementi), otkazivanja (elementi i dijelovi konstrukcije) ili rušenje cijele konstrukcije, a širenjem plamena kroz otvore, nastajanjem iskri i užarenih dijelova požar može zahvatiti i susjedna područja.

Zatim nastupa faza konačnog hlađenja (od 300 °C do temperature okoline) koja je vrlo spora i jako opasna: hladni materijal s površine skriva mjesta gdje vatra “tinja” i moguće je novo

zapaljenje. Zapaljivi materijal počinje se trošiti, temperatura smanjivati do 200/300 °C isprva polako, a zatim sve brže i ovisi više o učinku isijavanja iz vrućih površina nego o novom gorenju.

Dijagram 1 prema DIN 4102 pokazuje shematski faze razvoja požara krutina, uključujući i početnu koju standardna temperaturna krivulja ne uzima u obzir te onu završnu fazu, gašenje odnosno opadanje požara.

Faze požara prema dijagramu 1:

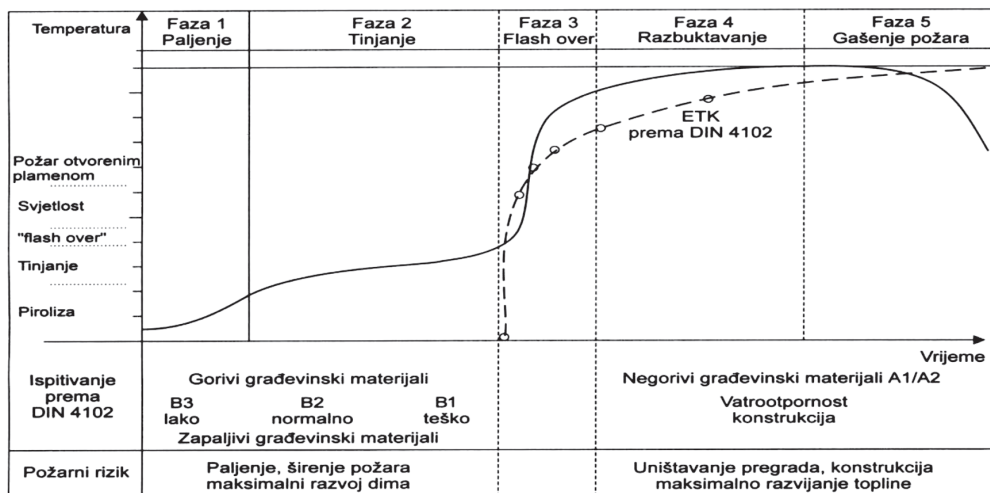
- Faza 1:** Paljenje lako zapaljivih materijala (B3) niskoenergetskim izvorom paljenja (šibica)
- Faza 2:** Lagani porast temperature u prostoriji putem zapaljenja normalno zapaljivih materijala
- Faza 3:** Daljnji porast temperature kroz toplinsku razgradnju teško zapaljivih materijala nastaje piroliza, vatreni skok - "flash over"
- Faza 4:** Jaki porast razvoja temperature kao posljedice naglog paljenja svih zatečenih gorivih materijala u prostoriji uzrokuje tzv. "totalni požar"
- Faza 5:** U ovoj fazi održavaju se postignute temperature iz prijašnje faze sve dok u potpunosti ne izgori barem jedna vrsta materijala; požar u slabljenju.

Drvo kao kruta tvar jedan je od najvažnijih elemenata u građevinarstvu. Osnovna su tri parametra mehanizma izgaranja drva:

- Toplinski (energetski) potencijal: količina termičke energije koja se razvija iz potpunog izgaranja materijala i ovisi o kalorijskoj vrijednosti materijala. Kalorijska vrijednost drva približno je stalna za istu botaničku vrstu (interval promjene za suho drvo listara je 232 kcal/kg, a 158 kcal/kg za četinare).
- Gornji specifični toplinski kapacitet: energija proizvedena izgaranjem jedinice mase potpuno suhe tvari (tvar čije izgaranje ne stvara vodu).
- Donji specifični toplinski kapacitet: energija proizvedena upijanjem vode sadržane u drvu koje nije potpuno suho ili je proizvedena tijekom reakcije i u stanju je vodene pare.

Na zapaljivost drveta utječu:

- vrijeme izlaganja djelovanju visokih temperatura
- sadržaj vlage u drvetu (drvo sa sadržajem vlage većim od 30 % neće se zapaliti)
- zapremninska masa
- anatomski sastav drveta
- veličina površine koja je izložena djelovanju plamena



Dijagram 1. Shematske faze razvoja požara krutina

- način obrade drveta (rezana građa lakše se pali od tisane).

Kod paljenja drveta razlikuju se četiri faze, i to:

- **I. faza: sušenje;** Čim se drvo u ložištu zagrije do 100 °C, voda isparuje, a isušenom drvu smanjuje se volumen, pri čemu nastaju pukotine koje ubrzavaju dubinsko sušenje;
- **II. faza: suha destilacija – izgaranje plinova;** Nakon sušenja i isparavanja vode, temperatura se postupno penje preko 100 °C uglavnom do 300 °C, pri čemu se oslobađaju energetski značajni ugljikovodici u plinovitom stanju. Već iznad 150 °C započinje raspadanje drva;
- **III. faza: zagrijavanje i oslobađanje plinovitih produkata i izgaranje ugljikovodika** od kojih se sastoji gotovo 80 % drvene mase – prepoznaje se po dugačkim žutim plamenovima koji izbijaju iz drva. Ti plinoviti sastojci gorenjem podižu temperaturu preko 500 °C, a preostala masa potpuno se pretvara u drveni ugljen;
- **IV. faza: izgaranje** drvene mase koja gori uz razvijanje temperature od 500 °C do 800 °C, pri čemu nema velikog plamena niti pojave čađe. Taj dio prepoznaje se po kratkim prozirnim plamićima i gorenju žarom. Pravilno i potpuno izgaranje

drveta ostavlja samo fini sivi pepeo koji se može upotrijebiti u poljoprivredi za poboljšanje tla ili kao gnojivo.

Ovisno o količini gorivih materijala u prostori, što će opet ovisiti o namjeni zgrade, postojat će za različite zgrade mogućnost različitog intenziteta razvoja požara. Intenzitet razvoja požara, a time i jačina kojom će se širiti i uništavati dio po dio zgrade ovisi, među inim čimbenicima, o požarnoj kategoriji poznatoj pod nazivom **požarno opterećenje**.

Požarno opterećenje čine svi gorivi materijali u nekoj prostoriji, pa će intenzivniji razvoj požara biti ako u nekom prostoru ima više gorivih materijala. Požarno opterećenje će biti to veće što je veća količina gorivih materijala u nekom prostoru, a njegovom povećanju će pridonijeti i materijali s visokim toplinskim vrijednostima. Kod izgaranja materijala oslobađa se određena toplinska energija. Energija izgaranja izražava se po jedinici materijala te se tada naziva toplinska vrijednost.

Njemačkom normom DIN 4102 (ili HRN DIN 4102) na temelju provedenog ispitivanja dobivena je klasifikacija materijala prema gorivosti (Tablica 1). Razlikuju se sljedeće klase građevinskih materijala:

1. materijali klase "A" - negorivi
2. materijali klase "B" - gorivi.

Tablica 1. Klasifikacija materijala prema gorivosti

Klasa "A" negorivi materijali	
A1 – bez organskih sastojaka	normirani materijali: gips, vapno, cement, beton, kamen, staklo, metal, glina, keramika, pijesak nenormirani materijali: kalcij-silikat ploče, određene mineralne protupožarne ploče i silikatne ploče (ovu skupinu treba dokazivati)
A2 - s organskim sastojcima	gips-kartonske ploče, određeni mineralno-vlaknasti materijali
Klasa "B" gorivi materijali	
B1 - teško zapaljivi plastični materijali u kombinaciji s materijalima klase A1 i A2	normirani: gips-kartonske ploče, lake građevinske ploče od drvene vune ostali: (treba ih dokazivati) teško zapaljive šperploče, ploče od određene vrste tvrde pjenaste plastike, određeni PVC materijali s isključivo mineralnim dodacima, gus-asfalt bez obloge
B2 - normalno zapaljivi	normirani materijali: drvo i drvni proizvodi debljine više od 2 mm, normirani pokrovi i normirane podne PVC-obloge
B3 - lako zapaljivi	svi oni koji nisu B2 kao: papir, drvena vuna, drvo do debljine 2 mm, slama

Tablica 2. Otpuštanje otrovnih i korozivnih plinova prilikom gorenja umjetnih materijala

Vrsta materijala	Štetne "emisije"
PVC	klorovodik, CO, CO ₂ , ugljikovodik, fosgen, dioksin
Poliamid	amonijak, CO, CO ₂
Poliuretan	CO, CO ₂ , cijanat, cijanovodična kiselina

Za zapaljenje **materijala skupine B1** potrebna je temperatura od preko 100 kJ, pa će se takav materijal zapaliti samo iz jakih i dugotrajnih izvora paljenja. Nakon uklanjanja uzročnika, odnosno izvora paljenja ovi materijali se ubrzo gase. Materijali skupine B1 gorenjem se rastežu, ali pri tomu ne šire plamen dalje. To znači, u najvećem broju slučajeva, da će goriti kao krutina uz otpuštanje različitih plinova. U materijale skupine B1 ubrajaju se tzv. duroplasti kao što su kod električnih instalacija vodiči s izolacijom bez halogena ("halogenfrei").

Materijali skupine B2 za zapaljenje trebaju nižu temperaturu paljenja i energiju paljenja od oko 10 kJ, a nakon otklanjanja izvora paljenja oni nastavljaju gorjeti. Gore na način da se gorući komadi "otkidaju" i kapaju užarenom tekućinom kojom se požar prenosi dalje. No, ova pojava kod ove skupine materijala nije baš naročito izražena. U materijale skupine B2 ubrajaju se PVC obloge debljine veće od 3 mm i odgovarajuće izolacije na elektrovođičima kao i VPE izolacija kabela.

Materijali skupine B3 pale se već s energijom paljenja manjom od 10 kJ, a u roku od 10 s gorenja pretvaraju se u veliki plamen koji se sam širi velikom brzinom i dovodi uglavnom do razbuktale faze požara. U skupinu B3 ubrajaju se svi ostali umjetni materijali, od kojih se također izrađuju izolacije za elektrovođiče.

Pored problema gorivosti izolacije i širenja požara njezinim gorivim dijelovima, kod gorenja umjetnih materijala je veliki problem nastajanje i otpuštanje otrovnih i korozivnih plinova iz procesa pirolize. Tako primjerice u požaru "otpuštaju" produkte naveden u Tablici 2.

Ostali materijali koji se upotrebljavaju u građevinarstvu imaju određene prednosti ili nedostatke, a među ostalim to su:

- Vatrootporno staklo, višeslojno koje se sastoji od nekoliko slojeva. Kod visoke temperature i u vremenu od 30, 60, 90 ili 120 minuta slojevi se šire i pretvaraju u čvrsti kompaktni materijal koji za vrijeme požara ne propušta požar, dim ili vruće pare kao ni toplinu.
- Armirano staklo u sebi sadrži metalnu mrežu koja onemogućuje ravnomjernu raspodjelu topline po masi stakla pri zagrijavanju, a daje i bolju mehaničku čvrstoću. Poslije 30-40 minuta na temperaturi od 800 °C staklo omekšava, deformira se i pomalo ispada
- Prozorsko jednostruko staklo (deb. 4 mm) neotporno je na visoke temperature što omogućava izlaz dima i vatre iz prostorije u kojoj se nalazi požar, ali i dovod svježeg zraka koji pospješuje gorenje. Obično staklo puca na temperaturi od 150 °C.
- Opeka nastaje od lako topljive gline zagrijavanjem na temperaturi 950-1000 °C. Konstruktivni elementi od opeke otporni su na požar, ne gube čvrstoću na temperaturi do 900 °C
- Premazi za drvene konstrukcije koji se pod utjecajem topline pretvaraju u čvrsti 2-3 cm debeli sloj mase koja kao toplinski izolator štiti drvo od daljnjeg zagrijavanja.
- Premazi koji pod utjecajem topline nabubre i tvore gusti mikroprozirni izolacijski sloj pjene uz trošenje topline i stvaranje hladnih inertnih plinova, te premazi koji pod utjecajem topline nabubre i stvaraju izolacijski sloj pjene koja sprečava dotok kisika.

Durđica Pavelić, dipl. ing. kem. tehn., Zagreb