

Během sušení vzniká rozdíl mezi koncentrací vody v povrchových vrstvách střepe a uvnitř střepe. Tím vzniká pnutí vlivem rozdílného stavu smrštění povrchu oproti vnitřku střepe. Toto pnutí může být příčinou vzniku deformací, trhlin až rozpadu výsušků. Různé hmoty jsou různě citlivé k sušení a znalost chování daného materiálu je pro úspěšné sušení nezbytná.

K sušení se využívají komorové nebo kanálové sušárny, doba sušení závisí na druhu výrobků a na vlastnostech hmoty. Pohybuje se v rozmezí 30 - 300 hodin. V sušárnách je nutno dodržet předepsanou teplotu sušicího vzduchu a zajistit vhodný způsob jeho proudění. Rovnoměrný přístup teplého vzduchu ke všem polotovarům na sušicích klecích se zajišťuje často tzv. keramomixéry, které projíždějí komorou a vhánějí teplý vzduch štěrbinami mezi jednotlivé etáže sušárenské klece. Sušení lze urychlit tzv. rytmičným sušením. Principem je střídání několikaminutových fází intenzivního proudění vzduchu a pomalého proudění vzduchu kolem výlisků. Ve fázi intenzivního proudění se rychlost sušení zvýší, ve střepe při tom vznikají v sušeném tělese gradienty vlhkosti (nesmí však dojít k porušení výlisku), které se ve fázi pomalého proudění vyrovnávají. Výhodou komorových sušáren je možnost přizpůsobení režimu sušení právě sušenému sortimentu výrobků a možnost zavážení i vyvážení komor nezávisle na sobě. Nevýhodou je vyšší spotřeba energie a obtížnější manipulace se sušárenskými klecemi. Kanálové (kontinuální) sušárny jsou vybaveny vhodným dopravním zařízením. Pohyb polotovarů a sušicího vzduchu bývá většinou uspořádán protiproudě, což umožňuje lepší využití tepla než v souproudém uspořádání. Zároveň se uplatňuje většinou i příčné proudění vzduchu v průřezu sušárenského kanálu. Výhodou kanálových sušáren je kratší doba sušení a nižší spotřeba energie, dále automatizace provozu (zejména dopravy). Režim sušení však nelze snadno měnit.

Vzduch pro sušení se ohřívá v ohříváčích vzduchu, v sušárně může být umístěno elektrické nebo parní topení, ale vždy je nutno pokud možno využít tepla, vznikajícího při výpalu. K sušení se proto většinou jako jeden ze zdrojů teplého vzduchu využívá vzduch z chladicího pásma pecí.

## 1.9 Výpal

Výpalem získávají cihlářské výrobky své konečné charakteristické vlastnosti, tj. pevnost, pórovitost, odolnost proti povětrnostním vlivům a také typický vzhled. K dosažení těchto vlastností vede řada fyzikálních a chemických dějů ve střepe.

### 1.9.1 Děje při výpalu

Nejprve se z polotovarů odstraňuje technologická voda, zbylá po vysušení (cca 1 – 1,5 %), dále se uvolňuje chemicky vázaná voda z jílových minerálů. Tento děj je doprovázen přechodným snížením pevnosti. Lehčiva, používaná pro výrobu cihlářských výrobků, se při výpalu polotovarů postupně mění (tepelný rozklad, těkání prchavých látek, vyhořívání - viz 1.10.4) a vzniká pórovitost. Při teplotách 850 – 900 °C se rozkládají uhličitany (zejména často přítomný  $\text{CaCO}_3$ ) opět za vzniku pórovitosti. Vzniklý  $\text{CaO}$  reaguje s  $\text{SiO}_2$ , uvolněným z jílových minerálů při jejich rozkladu (po dehydroxidaci), na křemičitany vápenaté. Důležité je, aby  $\text{CaCO}_3$  byl jemně rozptýlen,

jinak by ve střepu zůstaly velké shluky CaO, které by při styku vypáleného výrobku se vzdušnou vlhkostí hydratovaly na  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  za značného objemového nárůstu. Tento proces by mohl vést až k rozpadu výrobků. Důležitým procesem je slinování, které probíhá za přítomnosti malého množství taveniny, takže je zachována pórovitost střepu.

Teplota výpalu závisí na složení hmot, proto se v různých závodech liší. Pohybuje se obvykle v rozmezí 900 – 1000 °C, u některých výrobků (krytiny) je i vyšší.

### **1.9.2 Pece pro výpal cihlářských výrobků**

Vývoj pecí pro výpal cihlářských výrobků postupoval od jednoduchých periodických pecí (původně se vypalovalo v milířích) přes pece kruhové až k moderním kontinuálním pecím. V dnešních moderních provozech se výrobky (zejména zdicí materiály) vypalují většinou ve velkopřífilových tunelových pecích vytápěných zemním plynem. Vzhledem k velkému objemu výroby bývají pece konstruovány se závěsným stropem. To umožňuje větší profil pecního kanálu. Doba výpalu bývá 20 – 30 h (některé výrobky se vypalují v jedné vrstvě po dobu kolem 6 h).

Provoz pecí (i některých dalších částí výrobní linky) je řízený počítači.

### **1.9.3 Výpal v tunelové peci**

Z hlediska teploty je tunelová pec rozdělena na tři pásma, předehřívací, žárové a chladicí. Každé pásmo je pak rozděleno na několik sekcí s různou teplotou. Průběh výpalu v tunelové peci je dán rychlostí pohybu vozů s polotovary pecním kanálem a délkou úseků s nastavenými různými teplotami. Protože rychlost pohybu pecních vozů je při nastaveném režimu konstantní, je průběh vypalovací křivky řízen délkou úseků s různými teplotami (strmější křivka - kratší úseky).

#### **1.9.3.1 Předehřívací pásmo**

V předehřívacím pásmu se polotovary postupně zahřívají z normální teploty na teplotu cca 600 °C.

Do pece v určitých časových intervalech vjíždějí pecní vozy vstupním otvorem. Při vjezdu vozu do pece je nutno zamezit vstupu tzv. falešného vzduchu, který by snižoval účinnost pece (ochlazení pecního prostoru). Řešením je použití tlakové clony (přetlak uvnitř pece).

V průběhu předehřívání je nejdůležitějším dějem uvolňování chemicky vázané vody z jílových minerálů. Vznik vodní páry ve střepu je spojen s poklesem jeho pevnosti. Dalším důležitým dějem ve střepu je modifikační přeměna  $\beta$ -křemene na  $\alpha$ -křemen při teplotě 573 °C, spojená s objemovým nárůstem zrn křemene. Rychlost nárůstu teploty v této oblasti musí být přijatelná, aby nedošlo k popraskání materiálu.

#### **1.9.3.2 Žárové pásmo**

Žárové pásmo je úsek pece, v němž je polotovar po určitou dobu vystaven maximální teplotě. Zejména v žárovém pásmu je nutno zajistit rovnoměrné prohřívání celé skládky v průřezu pecního kanálu. Důležitý je způsob uložení vypalovaných polotovarů a vhodné rozmístění hořáků, které zajišťuje cirkulaci plamene.