



Synergistyczne oddziaływanie fosforu, krzemu i azotu w zmniejszaniu palności kompozytów epoksydowych przy użyciu cieczy jonowych i materiałów SILP, z dodatkową aktywnością jako czynniki utwardzające

Głównym celem projektu **ILFLAME** jest opracowanie systemów kompozytowych (opartych na żywicach epoksydowych i włóknach wzmacniających) o wysokiej odporności na palność, utwardzanych i modyfikowanych za pomocą cieczy jonowych (ILs). Cel ten zostanie osiągnięty poprzez: (i) zastosowanie nowych cieczy jonowych zawierających w swojej strukturze dużą liczbę grup nośnikowych fosforu i krzemu połączonych z atomem azotu w jednej cząsteczce, (ii) wdrożenie modelu wielokierunkowej ognioodporności (zarówno w żywicy epoksydowej, jak i w włóknie wzmacniającym), (iii) zastosowanie cieczy jonowych zaprojektowanych w taki sposób, że atomy fosforu i krzemu będą charakteryzować się różną naturą chemiczną i występować w różnych połączeniach wewnątrzcząsteczkowych z innymi atomami, oraz (iv) zastosowanie materiałów typu SILP czyli cieczy jonowych osadzonych na nośniku, (*Supported Ionic Liquids Phase*), w układzie kompozytowym jako nowego podejścia nie tylko do zmniejszania palności, ale także utwardzania żywicy epoksydowej.

Materiały kompozytowe oparte na żywicach epoksydowych i włóknach wzmacniających są szeroko stosowane na całym świecie. Jest to cenny materiał konstrukcyjny w takich dziedzinach jak elektronika (obudowy urządzeń, komponenty elektroniczne), farby i powłoki, budownictwo (materiały konstrukcyjne stosowane zarówno wewnątrz, jak i na zewnątrz) czy transport (materiały konstrukcyjne w przemyśle lotniczym, motoryzacyjnym, morskim czy kolejowym). Swoją popularność zawdzięcza wysokiej wytrzymałości na rozciąganie, wysokiej przyczepności do podłoża, dobrej odporności na korozję, odporności chemicznej i odporności na wilgoć.

Największą wadą tej grupy materiałów jest ich łatwopalność, skutkująca generowaniem dużych ilości ciepła i powstawaniem szeregu szkodliwych dla zdrowia ludzkiego produktów spalania, takich jak: (i) toksyczne gazy (HBr, HCl), (ii) pochodne benzenu i wyższe węglowodory aromatyczne (WWA), (iii) niepalne opary (CO₂, NO_x, SO_x), (iv) palne lotne związki organiczne (metan, etan) lub (v) organiczne substancje drażniące, których skład zależy od składników żywicy i całego kompozytu.

Badania nad środkami zmniejszającymi palność w ostatnich latach koncentrowały się na poszukiwaniu nowych związków o skutecznym działaniu i w dużej mierze polegały na syntezie organicznej substancji opartych na wcześniej znanych środkach zmniejszających palność (ulepszenia strukturalne substancji, nowe pochodne) lub, w mniejszym stopniu, na syntezie zupełnie nowych cząsteczek. Największe zainteresowanie naukowe w kontekście środków zmniejszających palność koncentruje się na związkach zawierających fosfor (zarówno organicznych, jak i nieorganicznych), a także związkach zawierających krzem lub azot.

Ciecze jonowe to związki chemiczne o strukturze jonowej, składające się z kationu i anionu i posiadające kilka specyficznych właściwości. Kation cieczy jonowej jest zwykle pochodzenia organicznego i ma zróżnicowaną strukturę. Ponadto ładunek dodatni kationu może być zlokalizowany na różnych atomach, które najczęściej obejmują azot, fosfor i siarkę, a w strukturze kationu mogą występować różne grupy funkcyjne. Aniony ILs mogą być zarówno organiczne, jak i nieorganiczne, a ich charakter znacząco wpływa na właściwości całego związku.

Ostatnie badania wskazują na potencjał ILs do nadawania kompozytom właściwości materiałów ognioodpornych. Badane są jednak podstawowe ILs z grupy głównie fosfoniowych cieczy jonowych, które mają wiele funkcji, a jedną z nich jest wpływ na materiały kompozytowe poprzez zmniejszenie palności. Związki te nie zostały zaprojektowane z myślą o zmniejszaniu palności kompozytów, co ogranicza możliwość lepszego poznania działania ILs jako środków zmniejszających palność. Ponadto, w literaturze znane jest również zastosowanie cieczy jonowych jako inicjatorów utwardzania żywic epoksydowych. ILs mogą być zaprojektowane tak, aby można było przewidzieć ich działanie jako utwardzcy w wybranym zakresie temperatur. Proces utwardzania może być kationowy lub anionowy, a ilość cieczy jonowej wymagana do procesu utwardzania jest znacznie mniejsza niż w przypadku klasycznych aminowych środków utwardzających.

Hipoteza sformułowana w projekcie IFLAME brzmi: **Proponowane ciecze jonowe, oraz oparte na nich materiały SILP, będą posiadały podwójną funkcjonalność, będąc skutecznymi uniepalniaczami wykorzystującymi synergistyczny efekt oddziaływania fosforu, krzemu i azotu w kompozytach epoksydowych wzmacnianych hybrydowymi włóknami węglowo-lnianymi, niż znane dotychczas w literaturze rozwiązania oraz posiadając zdolność inicjowania procesu utwardzania żywicy.**